Public Safety and Emergency Preparedness Canada
Critical Infrastructure Protection and Emergency Preparedness

Sécurité publique et Protection civile Canada
Protection des infrastructures essentielles et Protection civile

Caractérisation et hiérarchisation des liens reliant des réseaux de support à la vie

104-06737/

Remerciements

Cette publication a été réalisée pour le

Sécurité publique et
Protection civile Canada

Édifice Jackson, 2e étage
122, rue Bank
Ottawa (Ontario) K1A 0W6
Téléphone : (613) 944-4875 ou sans frais 1 800 830-3118
Télécopie : (613) 998-9589
Courriel : communications@ocipep-bpiepc.gc.ca
Internet : www.ocipep-bpiepc.gc.ca

Auteurs :

Benoît Robert, ing., Ph.D.
Marie-Hélène Senay
Marie-Eve P. Plamondon
Jean-Pierre Sabourin

Centre risque & performance
École Polytechnique de Montréal

Ce document s'inspire d'un travail financé par la Direction de la recherche et du développement (DRD) du Bureau de la protection des infrastructures essentielles et de la protection civile (BPIEPC), en vertu du contrat portant le numéro de référence 2002D001. Le BPIEPC fait maintenant partie de Sécurité publique et Protection civile Canada (SPPCC). Les opinions, constations et conclusions ou recommandations exprimées dans le présent document sont celles de l'auteur et ne correspondent pas nécessairement aux points de vue de Sécurité publique et Protection civile Canada.

© SA MAJESTÉ LA REINE DU CHEF DU CANADA (2003)
N° au catalogue : D82-88/2003F-PDF
ISBN : 0-662-75489-1

Sommaire

Certaines infrastructures et réseaux d'infrastructures, appelés Réseaux de Support à la Vie (RSV) ou infrastructures essentielles (IE), permettent aux activités socio-économiques de la société de se poursuivent et d'être appuyées. En raison de leurs missions, ces infrastructures doivent demeurer fonctionnelles tous les jours et en temps de crise. Les événements catastrophiques qui se sont produits au cours des dernières années (p. ex., la tempête de verglas de 1998 au Québec et en Ontario et les inondations au Saguenay) font ressortir notre dépendance sur ces réseaux et mettent en évidence l'importance d'améliorer de façon constante les mesures d'urgence.

L'une des approches pour améliorer la gestion des urgences est d'identifier les infrastructures les plus essentielles et de leur accorder la priorité lors de la planification des mesures d'urgence et d'atténuation. Cela exige de comprendre la complexité de ces infrastructures et, plus précisément, leurs interdépendances. Tout en reconnaissant qu'elles sont importantes, les interdépendances des infrastructures sont mal comprises et on en tient rarement compte lors de la planification des mesures d'urgence. Le présent rapport se penche sur l'enjeu du classement par priorité des liens entre les RSV, aux fins d'atténuation, et la planification des mesures d'urgence. Le but était d'élaborer une méthodologie de classement, en se fondant sur une échelle de criticité, en faisant appel à une méthode pragmatique, non subjective et uniforme pour toutes les disciplines concernées.

Un bref examen des documents existants sur la notion de criticité des infrastructures a indiqué que les techniques actuelles mettent l'accent sur les infrastructures dans leur ensemble, plutôt que sur les liens entre les infrastructures et ne se fondent habituellement pas sur une méthodologie fondamentale systématique. En outre, il y a peu de recherche permanente qui traite expressément des liens entre les RSV. Un cadre préliminaire pour le classement et l'ordre de priorité des RSV est donc présenté comme point de départ d'une discussion plus approfondie sur les liens. Dans ce contexte, les liens entre les RSV sont définis et leurs caractéristiques, analysées. Les critères d'évaluation du niveau de criticité sont élaborés en se fondant sur trois concepts pratiques de la gestion des urgences qui sont : la vulnérabilité, l'effet des pannes et le potentiel opérationnel pour la gestion des mesures d'urgence. Ces éléments sont ensuite utilisés pour établir et expliquer une nouvelle méthodologie de classement pour les liens entre les RSV.

Il y a un potentiel clair pour les méthodologies qui mettent l'accent sur l'étude des liens entre les RSV afin d'aider à réduire la vulnérabilité et les risques. Il nous faudra travailler encore plus pour élaborer des méthodologies opérationnelles robustes à l'intention des gestionnaires des situations d'urgence. On a souligné que tout classement des liens entre les infrastructures dépendra des priorités et buts opérationnels du gestionnaire des situations d'urgence. Par conséquent, la criticité doit en soi être jugée comme étant variable plutôt qu'un absolu préétabli. En dernier lieu, l'effet et la nature des cyberliens ne sont pas bien compris et exigent une étude plus approfondie.

Table des matières

Remerciements ..... **ii**

Sommaire ..... **iii**

1.0 Cadre du projet **1**

2.0 Essentialité : état de la question **2**

2.1 Démarche canadienne 2
2.2 Démarche américaine 3
2.2.1 Un exemple d'utilisation d'une échelle de hiérarchisation: Le Homeland Security 4
2.3.1 Évaluation de la situation 4
2.3.2 Critères d'identification du risque 5
2.4 Analyse et recommandations 5

3.0 Définition et classification des réseaux de support à la vie **8**

3.1 Définition et caractéristiques des réseaux de support à la vie 9
3.2 Classification des réseaux de support à la vie 11

4.0 Les liens entre les réseaux de support à la vie **14**

4.1 Définition des liens 14
4.1.1 Lien direct 14
4.1.2 Lien indirect 15
4.1.3 Cyberliens 15
4.2 Catégorisation des liens 16
4.3 Hiérarchisation des liens 17
4.4 Critères de caractérisation 18
4.4.1 La vulnérabilité d'un lien 19
4.4.2 Les conséquences de défaillance d'un lien 20
4.4.3 Le potentiel opérationnel de gestion des mesures d'urgence d'un lien 21
4.5 Paramètres d'identification et échelle d'évaluation 23

5.0 Méthodologie de hiérarchisation **26**

5.1 Classes d'essentialité 26
5.2 Critère de caractérisation 27
5.3 Méthodologie 28

6.0 Application **30**

6.1 Exemple de calcul 30
6.2 Interprétation des résultats 32
6.2.1 Possibilités de hiérarchisation 32
6.2.2 Les variations du degré d'essentialité 36
6.3 Utilisation de la méthode 37

7.0 Conclusion **39**

8.0 Bibliographie **41**

Annexe A – Grille de caractérisation des liens **A-1**
Annexe B – Paramétrisation des liens **B-1**
Annexe C – Validation **C-1**

1.0 Cadre du projet

Les travaux entrepris antérieurement à ce projet ont abordés les effets domino entre Réseaux de Support à la Vie (RSV) et s'inscrivent dans la tendance nationale et internationale visant à déterminer des plans de gestion de ces réseaux efficaces et performants, basés sur des notions antagonistes de production maximale et de risque minimum (Robert, 2002b; SEVESO, 2000). Cette gestion doit se faire par une connaissance poussée des réseaux et des interactions entre ces réseaux, de façon à évaluer les diverses conséquences d'une défaillance. Actuellement, la plupart des études de risque tentent de le chiffrer selon un résultat unique, économique, technique ou industriel (Stedinger, 1996). De plus, ces études ne considèrent qu'un nombre restreint d'événements précis pouvant entraîner une défaillance (Can/Csa, 1991). Ces défaillances ont des conséquences retentissantes, non seulement sur les populations, mais aussi sur les activités socio-économiques. Certaines de ces conséquences sont tangibles, concrètes et facilement identifiables, telles les conséquences physiques d'une inondation. Par contre, d'autres sont beaucoup plus subtiles et exigent une analyse exhaustive afin de déterminer l'ensemble des conséquences engendrées par une défaillance partielle ou complète d'un réseau : une fuite dans les oléoducs contamine les sols, les terres cultivables, les cours d'eau, le réseau d'eau potable et plus encore. Il devient alors ingrat d'en chiffrer toutes les conséquences.

Des travaux antérieurs sur les interactions entre RSV ont démontré que les réseaux étaient extrêmement interdépendant. Ces interdépendances proviennent de l'existence de multiples liens entre les réseaux. Ces liens servent entre autre pour le transfert des substances et de service d'un réseau à un autre. Bien qu'ils soient essentiels au fonctionnement des réseaux, ils augmentent aussi le risque de défaillances puisqu'ils permettent les transferts de vulnérabilités d'un réseaux vers un autre. Il apparaît qu'une méthodologie d'étude globale de vulnérabilité et de risque basée sur la définition, la caractérisation et l'évaluation de ces liens pourrait permettre de réduire l'importance des effets domino entre réseaux de support à la vie (Robert, 2001 et 2002a). Un lien permet de répercuter sur un autre réseau une vulnérabilité par le biais d'une fonction de répercussion. La méthodologie cherchera donc à définir la vulnérabilité de la composante origine, la fonction de répercussion caractérisée par des courbes de répercussion, et, finalement, la vulnérabilité destination.

2.0 Essentialité : état de la question

Une brève recherche bibliographique sur la notion d'essentialité a été réalisée afin de connaître l'état de la question sur le sujet et évaluer si des développements actuels peuvent être utilisés dans nos travaux sur les liens entre réseaux. Les informations qui étaient disponibles au moment de cette recherche abordaient généralement les infrastructures essentielles d'une manière générale et non les liens entre celles-ci. Elles permettent, toutefois, un fort rapprochement avec nos travaux sur les réseaux de support à la vie, puisque ces installations sont considérées par plusieurs organismes et auteurs comme nécessaires au bon fonctionnement socio-économique et au bien-être des populations. Actuellement, à travers le monde des activités sont en cours pour définir quelles sont les infrastructures qui peuvent être identifiées comme essentielles. Les démarches préconisées au Canada et aux États-Unis seront présentées suivie d'une discussion basée sur les utilisations potentielles de ces résultats.

2.1 Démarche canadienne

Les infrastructures essentielles nationales canadiennes, selon le Bureau de la Protection des Infrastructures Essentielles et de la Protection Civile (BPIEPC), « *se composent des installations matérielles et des technologies de l'information, des réseaux et des biens matériels dont la perturbation et la destruction auraient de sérieuses conséquences pour la santé, la sécurité ou le bien-être économique des Canadiennes et des Canadiens ou le fonctionnement efficace des gouvernements au Canada.* » (Revue de la Protection civile, 2001; BPIEPC, 2001).

Elles sont réparties en six secteurs :

- **L'énergie et les services publics** : la transmission de l'électricité, du gaz et des hydrocarbures;
- **Les communications clés** : les télécommunications, la radiodiffusion, l'Internet, le réseau téléphonique, la télévision et les satellites;
- **Les transports** : les voies aériennes, ferroviaires, marines et terrestres;
- **La sécurité** : la sûreté nucléaire, les services 911 (police, pompiers, ambulance), la recherche et le sauvetage;
- **Les services financiers, alimentaires et de santé** : les banques, l'agriculture, la distribution alimentaire, les soins de santé, le traitement d'eau, les hôpitaux, les pharmacies;
- **Les services gouvernementaux essentiels** : les installations, les réseaux, les biens importants du gouvernements, les régimes de retraite, l'assurance emploi, l'immigration, la prévision météorologique, l'éducation, les avantages sociaux.

À la suite de cette classification préliminaire qui représente les grands secteurs d'activité, il paraît important de comprendre les critères ayant servis à sa réalisation et de déterminer si elle permet l'identification de certaines infrastructures plus essentielles que d'autres. Toutefois, à l'image de la classification des infrastructures essentielles en différents secteurs, aucune information ne témoigne de la présence d'une démarche systématique permettant de reconnaître un caractère plus essentiel à certaines infrastructures. Cette classification du gouvernement canadien permet pourtant d'identifier des points critiques du fonctionnement de la société. Cependant, une

classification précise, ouvrant la possibilité de hiérarchiser ces infrastructures, permettrait de déterminer des priorités de traitement selon l'essentialité des infrastructures.

2.2 Démarche américaine

La définition américaine des infrastructures essentielles est semblable : les infrastructures essentielles sont "des systèmes et des actifs, physiques ou virtuels, dont l'importance est telle que la destruction totale ou partielle de ces derniers aurait un impact grave sur la sécurité, la sécurité économique, la santé publique, ou toute autre combinaison de ces domaines." – (traduction libre du *USA Patriot Act*). La *National Strategy for the Physical Protection of Critical and Key Assets* publiée en 2003 par le *Departement of Homeland Security* recense également des secteurs de classification des infrastructures soit :

- l'agriculture et l'alimentation
- l'eau
- la santé publique
- les services d'urgences
- les bases industrielles de défense
- les télécommunications
- l'énergie
- les transports
- les services banquiers et financiers
- les matériaux chimiques et dangereux
- les postes et les services d'expéditions

Suite au attentat du World Trade Center, l'administration américaine a aussi jugée nécessaire d'identifier des actifs clés à protéger soit :

- les monuments nationaux et symboliques;
- les centrales nucléaires;
- les barrages;
- les édifices gouvernementaux;
- les actifs commerciaux clés

La définition américaine de secteurs et de systèmes d'infrastructures essentielles ne présente pas de paramètres ou de critères permettant de généraliser cette classification. Le North American Electric Reliability Council (NERC, 2002a et 2000b) a quant à lui opté dans sa méthode pour l'analyse de risque et de vulnérabilité des systèmes d'énergie électrique. Ainsi, la stratégie de cet important organisme de l'énergie est d'abord d'identifier les infrastructures essentielles, les vulnérabilités propres à chacune et finalement, les mesures d'atténuation à prendre. Les infrastructures sont classées et hiérarchisées en terme de vulnérabilités potentielles. L'essentialité se traduit donc ici par la vulnérabilité des installations de production, de transport et de distribution électrique.

Une classification préliminaire des infrastructures essentielles est donc déjà mise de l'avant par des organismes gouvernementaux ayant reçu la mission de définir l'essentialité de ces infrastructures. Elles sont habituellement répertoriées par secteur, sans critères constants déterminant en quoi elles sont essentielles. Ce manque de critère servant à justifier la classification et la priorisation des infrastructures essentielles explique la variété des définitions de l'essentialité et des infrastructures identifiées comme telles. Ce manque d'uniformité des critères définissant les infrastructures essentielles ouvre donc clairement la voie à une interprétation de la définition du concept d'essentialité. Il semble que la classification et la hiérarchisation de ces infrastructures gagneraient à être appuyées de critères précis et tangibles intégrant la notion de liens entre ces installations et permettant une certaine uniformité des données utilisées et de l'interprétation de ces dernières.

2.2.1 Un exemple d'utilisation d'une échelle de hiérarchisation: Le Homeland Security

Les événements du 11 septembre 2001 ont confirmé la tendance internationale à l'implantation accrue de mesures d'urgence, d'atténuation et de protection des populations, due à l'augmentation constatée des catastrophes naturelles des dernières années. Lors d'une réorganisation majeure de leur stratégie de défense nationale, les États-Unis ont créé le *Departement of Homeland Security* (DHS). Cet organisation est en charge du *Homeland Security Advisory System* (HSAS) qui a été instauré par le Gouvernement Bush en mars 2002 (White house, 2002). Cette réforme vise à prévenir les menaces terroristes sur le territoire américain, mais aussi à favoriser le développement d'un vocabulaire, d'une structure et d'un contexte communs de discussion entre les divers acteurs. Le DHS s'est donné comme mission d'identifier le potentiel de risque d'une attaque terroriste au pays et de communiquer se potentiel à l'aide du HSAS. Il a également pour tâche de définir une liste d'actions précises à entreprendre dans un but de protection du pays, de la population, de ses institutions et de ses installations. Bien que cet indice ne serve pas à caractériser les infrastructure essentielles ou les liens, il donne un exemple concret de hiérarchisation.

2.3.1 Évaluation de la situation

Le niveau de risque indiqué par le HSAS inclut la probabilité d'occurrence d'une menace et la gravité des conséquences. L'état de la situation est décrit par une échelle de cinq intervalles indiquant le niveau de menace, chacun associé à une couleur :

- **Bas** : le niveau d'attaque terroriste est bas. En plus des mesures de protection respectives, les départements et agences fédéraux doivent appliquer certaines consignes précises de sécurité. Couleur associée à ce niveau : verte.

- **Gardé** : le niveau d'attaque terroriste est nominel, mais existant. Il faut donc appliquer des mesures plus importantes. Couleur associée à ce niveau : bleu.

- **Élevé** : la condition de menace est déclarée élevée quand il y a un risque significatif d'attaque. Les mesures de protection sont généralisées aux divers acteurs de la société. Couleur associée à ce niveau : jaune.

- **Haut** : le niveau d'attaque terroriste est haut et des mesures spéciales s'appliquent. Couleur associée à ce niveau : orange.

- **Sévère** : le niveau d'attaque terroriste est déclaré sévère et les mesures sont nombreuses et importantes. Couleur associée à ce niveau : rouge.

Cette échelle est accompagnée d'un mode d'emploi constitué de conseils pratiques et d'actions à prendre aux niveaux de l'administration publique, des gestionnaires et des citoyens afin de diminuer la probabilité d'occurrence de la menace de même que les conséquences d'un éventuel événement. L'information est très centralisée : l'évaluation de la condition de menace est réalisée par le Secrétaire du DHS directement sous l'autorité du Président. Les conditions de menaces peuvent être assignées à la nation entière, à une région spécifique, à un secteur industriel, etc. De même, elles sont réévaluées à intervalles réguliers afin de déterminer les ajustements opportuns.

2.3.2 Critères d'identification du risque

Les critères permettant de déterminer l'état de la menace ne sont pas connus, ou disponibles, à l'exception des quelques suivants :

- À quel niveau la menace est-elle crédible ?
- À quel niveau la menace est-elle confirmée ?
- À quel niveau la menace est-elle spécifique et/ou imminente ?
- À quel niveau de gravité la menace se situe-t-elle ?

Ces critères permettent d'associer différentes sources de menace à un état plus ou moins grave de menace terroriste. Ils ne sont toutefois pas descriptifs de la situation, mais plutôt interprétatifs.

Cette stratégie de centralisation des décisions du Gouvernement américain semble être un moyen d'impliquer la société au niveau de la protection civile du pays et de ses institutions de même que de protéger la population. Toutefois, ces critères peuvent se prêter à une interprétation subjective car ils utilisent des données disparates et non homogènes. Cette classification et hiérarchisation de la condition de menace permettent en fait de diriger les efforts de la société civile et donc de contrôler l'implantation de mesures de prévention, d'urgences et d'atténuation à tous les niveaux.

2.4 Analyse et recommandations

Les méthodes de classification ou de caractérisation des infrastructures essentielles utilisées par les organismes gouvernementaux ne semblent pas reposer sur une utilisation systématique de critères clairement établis. Il est impossible de savoir s'il existe des critères d'évaluation précis, et si oui, de quelle manière ils ont été utilisés pour arriver à une identification des infrastructures essentielles. Les données utilisées pour pondérer des critères d'évaluation devraient être quantifiables et mesurables pour que ceux-ci puissent être interprétés sous la forme d'une échelle significative. Il serait alors possible d'effectuer une hiérarchisation de façon systématique selon une démarche pragmatique, uniforme et compréhensible pour tous les intervenants impliqués.

De plus, la définition qui est faite des infrastructures essentielles, par les organismes gouvernementaux, les divisent en secteurs mais n'indique pas pour autant d'ordre de priorité en temps de crise. Bien entendu, elles sont toutes essentielles au bon fonctionnement de la société et au maintien de la vie, mais ce concept est trop global pour permettre une classification révélatrice. La question à laquelle une méthode de hiérarchisation doit pouvoir répondre est; quelles infrastructures sont essentielles pour atteindre un objectif prédéfini? La même question peut être appliquée aux liens. Dans le développement d'une telle démarche, il faut être prêt à accepter que l'essentialité peut varier selon les situations et les objectifs du moment. Conséquemment, la hiérarchisation des infrastructures ou des liens ne peut être établie à long terme et doit rester flexible. Ceci peut être démontré par un exemple simple. Prenons deux réseaux de support à la vie soit le réseau de distribution électrique et le réseau de distribution d'eau potable. Lequel des deux doit être considéré comme plus essentiel? La réponse à cette question est relative à l'objectif visé. Si l'objectif est la protection contre les incendies, le réseau d'eau potable pourrait être prioritaire. Par contre, si l'objectif est le maintient des activités économiques, c'est peut-être le réseau de distribution électrique qui sera considéré comme étant plus essentiel. C'est parce que l'essentialité varie, selon les situations ou les objectifs opérationnels, que toute hiérarchisation concernant les infrastructures essentielles requiert une méthode basée sur des critères précis mais dont ont peut varier l'ordre de priorité.

La notion de critères clairement définis est donc nécessaire au développement d'une méthodologie de hiérarchisation des liens entre RSV. Pour arriver à mener des actions communes et à maintenir une continuité opérationnelle en temps de crise, une certaine standardisation dans la hiérarchisation devra exister. Il est primordial de limiter l'interprétation et la subjectivité. Les critères utilisés devront donc être basés sur des données factuelles et répondre à certaines exigences. Ils devront être:

- tangibles
- compréhensibles
- mesurables
- unitaires en terme d'expertise et d'analyse
- basés sur des informations disponibles
- pondérables

En regard à ces caractéristiques spécifiques il est nécessaire de préconiser une approche pratique et axée sur une application efficace et simplifiée. La démarche méthodologique qui sera développée devra être uniformisée mais flexible, afin de juxtaposer des critères établis ainsi que des objectifs opérationnels concrets. Il sera alors possible d'élaborer des mesures prioritaires dans la protection ou le rétablissement des liens entre RSV, selon les événements à prévoir ou en cours. Ces critères devront être pondérables pour permettre une hiérarchisation significative et non symbolique.

Le processus devra impérativement pouvoir être suivi et expliqué de sorte à permettre une meilleure compréhension des priorités pour tous les intervenants impliqués dans la planification des mesures d'urgences et d'atténuation.

Cette démarche devrait améliorer les transferts d'informations relatives aux mesures d'urgences. Il sera alors possible, lors d'événements catastrophiques, de limiter la propagation des risques ainsi que de réduire les pertes matérielles et humaines.

3.0 Définition et classification des réseaux de support à la vie

Bien que la méthodologie ne sera appliquée qu'aux liens, un compréhension du cadre d'application global est nécessaire. Pour arriver à classifier et hiérarchiser des liens entre des réseaux de support à la vie de manière cohérente, il est donc important de réaliser une analyse similaire sur ces réseaux. Cette classification des réseaux sort du cadre de ce projet de recherche, mais cette première approche est proposée pour alimenter les travaux subséquents sur les liens. Les principes directeurs de cette classification sont similaires à ceux utilisés pour les liens. Dès lors, la présentation de cette section, même si les résultats sont préliminaires, devient intéressante et les résultats seront intégrés dans les critères de hiérarchisation des liens.

Toute activité de classification doit débuter par une activité essentielle de clarification et de définition des éléments à l'étude. Donc, une définition préalable des réseaux de support à la vie est exposée.

Les réseaux de support à la vie sont constitués d'un ensemble de composantes fortement reliées les unes aux autres. Les composantes directement reliées à la vocation du réseau forment un réseau principal mais des réseaux parallèles existent tels un réseau de contrôle à distance ou un réseau informatique. L'ensemble forme alors un système intégré et sa fiabilité dépend de la performance de l'ensemble de ses constituantes. Dès qu'une composante connaît une défaillance, les impacts au niveau du système dépendent non seulement de l'importance de la composante mais également de l'importance des composantes reliées à celle défaillance. De plus, des composantes de plusieurs réseaux peuvent être en relation, entraînant des défaillances à répercussions multiples par le biais des effets domino (Allen, 1997; Plate, 1996; Moses, 1998; Lemperiere, 1999).

La notion de réseau de support à la vie est vaste et des regroupements de réseaux sont effectués en regard de leurs missions tels que l'énergie et les services publics, la sécurité, etc. Le but de la démarche proposée est de démontrer qu'une approche systémique permet de classifier les réseaux de support à la vie selon des critères précis. Cette classification constitue une première étape dans la hiérarchisation et la priorisation des réseaux de support à la vie selon des critères unitaires exprimés à partir d'informations et de données concrètes et tangibles.

La démarche proposée est préliminaire et devra être validée auprès de l'ensemble de la communauté des mesures d'urgence et de la protection civile. Dans un premier temps, une définition des réseaux est présentée afin de mieux cerner la problématique. À partir de cette définition, une liste, non exhaustive, de réseaux de support à la vie est dressée. Dans un deuxième temps, des critères de classification sont proposés et adaptés sur les réseaux identifiés précédemment.

3.1 Définition et caractéristiques des réseaux de support à la vie

Le terme réseau de support à la vie intègre deux notions importantes qui doivent être précisées afin de bien cerner la nature et les caractéristiques de ces réseaux.

- **Réseau** – Un réseau peut être défini globalement selon deux principes distincts :
  - Ensemble d'infrastructures et de liens qui se ramifient et s'entrecroisent physiquement ou virtuellement. *Exemples : réseau de distribution des eaux, réseau électrique, réseau ferroviaire, réseau téléphonique.*
  - Ensemble d'infrastructures réparties sur un territoire donné, en relation directes ou indirectes les unes avec les autres et régies généralement par des directives similaires. *Exemples : réseau hospitalier, réseau d'alimentation, réseau routier, réseau aéroportuaire.*
- **Support à la vie** – Ces réseaux remplissent des missions primordiales pour le bon fonctionnement d'une société, en assurant des services essentiels sur le plan de la santé, de la sécurité des populations et le bon fonctionnement de l'économie.

Les réseaux de support à la vie sont donc constitués d'une multitude d'infrastructures qui assurent le bon déroulement des activités économiques et industrielles ainsi que l'apport de services essentiels aux besoins des citoyens (Denis, 2002; Selcuk, 1999; O'Leary, 1997). Ainsi, lorsqu'un réseau de support à la vie entre en défaillance, les répercussions humaines et socio-économiques sont très importantes et ne peuvent donc pas être ignorées (Hubbert, 1999). Actuellement les réseaux de support à la vie sont globalement catégorisés afin de les différencier d'autres réseaux qui ne sont pas autant reliés aux activités socio-économiques (Isenberg, 1991; Lau, 1995). Mais cette différentiation ne tient pas compte des spécificités de ces réseaux en terme de conséquence ou d'impact pour la société.

En regard de cette définition dix-sept réseaux de support à la vie ont été identifiés par le groupe de recherche. Cette liste n'est pas exhaustive, mais est constituée afin de valider la démarche proposée sur des réseaux possédant des caractéristiques très différentes. Ils sont décrits sommairement ci-après.

1. **Réseau électrique** : ensemble des infrastructures et des opérations qui permettent de produire, transporter et distribuer de l'électricité. La production électrique peut prendre différentes sources (gaz, hydraulique, nucléaire, etc.).
2. **Réseau de télécommunication** : ensemble des infrastructures et des opérations qui permettent des communications par le biais de câbles, de satellites, d'ondes, de radios, etc.
3. **Réseau informatique** : ensemble des infrastructures et des opérations qui permettent l'utilisation et le transfert de données et de connaissances codifiées numériquement. Ces réseaux comprennent donc les ordinateurs avec les mécanismes de communication entre eux mais aussi, et surtout, les connaissances contenues dans les bases de données, les programmes de gestion, les simulateurs, etc. Les réseaux de contrôle à distance sont inclus dans de tels réseaux.
4. **Réseau de transport en commun** : ensemble des infrastructures et opérations qui assurent le transport de passagers dans une zone urbaine. Le transport peut être routier ou ferroviaire.

5. **Réseau de gaz naturel** : ensemble des infrastructures et des opérations qui permettent d'extraire, de stocker, de transporter et de distribuer du gaz naturel.
6. **Réseau de carburants liquides** : ensemble des infrastructures et des opérations qui permettent d'extraire, de transformer, de stocker, de transporter et de distribuer des carburants liquides.
7. **Réseau ferroviaire** : ensemble des infrastructures et des opérations qui assurent le transport, l'entreposage et la distribution de marchandises et de personnes par le biais de rails et de trains. Les substances transportées sont multiples et variées.
8. **Réseau maritime** : ensemble des infrastructures et des opérations qui assurent le transport, l'entreposage et la distribution de marchandises et de personnes par le biais de bateaux sur la mer, fleuve ou lac. Les substances transportées sont multiples et variées.
9. **Réseau d'eaux usées** : ensemble des infrastructures et des opérations qui assurent la collecte, le transport et le traitement des eaux usées.
10. **Réseau d'eau potable** : ensemble des infrastructures et des opérations qui permettent l'alimentation, le traitement et la distribution en eau potable de la population.
11. **Réseau d'alimentation** : ensemble des infrastructures et des opérations qui assurent la production, l'entreposage, le transport et la distribution de marchandises nécessaires à l'alimentation humaine.
12. **Réseau de la santé** : ensemble des infrastructures et des opérations qui couvrent les soins de santé à la population (hôpitaux, cliniques, ambulances, etc.).
13. **Réseau routier** : ensemble des infrastructures et des opérations qui assurent le transport de marchandises et de personnes par le biais de routes, autoroutes, ponts, échangeurs, viaducs, etc. Les substances transportées sont multiples et variées.
14. **Réseau aéroportuaire** : ensemble des infrastructures et des opérations qui assurent le transport de marchandises et de personnes par le biais d'avions. Les substances transportées sont multiples et variées.
15. **Réseau financier** : ensemble des infrastructures et opérations qui couvrent les activités financières. Ce réseau comprend les succursales bancaires, les bourses, guichets automatiques, etc.
16. **Réseau de la sécurité publique** : ensemble des infrastructures et opérations qui assurent la sécurité et la protection des biens et des personnes (police, pompier, etc.).
17. **Réseau gouvernemental** : ensemble des infrastructures et opérations qui couvrent l'administration publique (fédéral, municipal, etc.).

Il appert que les réseaux de support à la vie sont multiples et variés de par leur nature, leur fonction, les substances transportées, etc. Les études de vulnérabilités et de conséquences de ces réseaux face à des risques d'origine anthropiques doivent donc être diversifiées et distinctives. Toutefois, des regroupements, selon des critères précis, sont possibles pour faciliter l'étude systémique de ces réseaux et des effets domino en terme de risque, de défaillance, de vulnérabilité et de conséquences.

3.2 Classification des réseaux de support à la vie

Le regroupement des réseaux doit tenir compte de notions reliées à la définition, la mission, la structure et le maillage de ces derniers; des interactions avec d'autres réseaux; des conséquences directes et indirectes sur les populations. Ainsi, les critères suivants ont été définis afin de caractériser les réseaux et de les classifier. Ces critères sont exprimés sous une forme préliminaire afin de valider la démarche proposée.

- **Maillage.** Établir si le réseau est constitué d'infrastructures maillées ou réparties sur un territoire, tel que défini dans la définition d'un réseau.
- **Élément transporté.** Établir si le réseau a comme mission principale de transporter (et contenir) une substance (eau, gaz, pétrole, nourriture, etc.) ou fournir un service.
- **Interaction entre réseaux.** Établir si le réseau a des interactions (liens) avec d'autres réseaux de support à la vie. L'évaluation de ces interactions peut être :
  - qualitative (très nombreuses, nombreuses, faibles, variables, etc.);
  - quantitative (supérieure à 1000, inférieures à 10, etc.);
  - comparative (plus de liens, moyenne nationale, etc.).
- **Conséquences sur les populations.** Établir si la défaillance de réseau entraîne des conséquences directes ou indirectes sur la vie des populations.

À partir de ces critères des classes de réseaux de support à la vie doivent être établies pour regrouper les réseaux ayant des caractéristiques similaires. Ces regroupements seront déterminants pour l'évaluation des risques puis pour leur intégration dans les mécanismes de gestion et d'évaluation de la performance de ces réseaux. Globalement, l'évaluation des risques, reliés à un réseau de support à la vie, nécessite la réalisation d'études de vulnérabilités sur les infrastructures de ces réseaux, mais aussi sur les mécanismes d'opération et de gestion, combinées à des études de conséquences sur les populations, sur les activités socio-économiques et l'environnement. Dès lors la notion de maillage influence la nature des études de vulnérabilités et les conséquences directes sur les populations représentent un critère significatif de classification.

En regard aux considérations précédentes, cinq classes de réseaux de support à la vie ont été identifiées.

- **Classe A** – Réseaux avec des infrastructures maillées, essentiellement dédiés à la fourniture de service et ayant de très nombreuses interactions avec d'autres réseaux. Les réseaux entrant dans cette classe sont :
  - réseau électrique
  - réseau de télécommunication
  - réseau informatique
  - réseau de transport en commun

  (Le transport de personne est considéré comme un service. Les interactions avec les autres réseaux correspondent aux personnes qui utilisent le transport en commun pour se rendre au travail dans les autres réseaux.)

- **Classe B** – Réseaux avec des infrastructures maillées, dédiés au transport d'une substance et ayant de nombreuses interactions avec d'autres réseaux. Les réseaux entrant dans cette classe sont, par exemple :
    - réseau de gaz naturel
    - réseau de carburants liquides
    - réseau ferroviaire
    - réseau d'eaux usées

- **Classe C** – Réseaux avec des infrastructures maillées, dédiés au transport d'une substance et ayant de faibles interactions avec d'autres réseaux. Cette classe se distingue des précédentes par le fait que les conséquences d'une défaillance de ces réseaux sont directes pour les populations. À ce jour, le réseau entrant dans cette classe est :
    - réseau d'eau potable

- **Classe D** – Réseaux avec des infrastructures réparties, dédiés à la fourniture de service ayant des interactions avec d'autres réseaux variables. Les conséquences d'une défaillance de ces réseaux sont directes pour les populations. Les réseaux entrant dans cette classe sont :
    - réseau d'alimentation;
    - réseau hospitalier.

- **Classe E** – Classe de réseaux particuliers. Ils ont des infrastructures réparties ou maillées; ils servent au transport de personnes (ce qui est considéré comme un service) et de substances variées et multiples; ils ont des interactions avec d'autres réseaux variables. Les conséquences d'une défaillance de ces réseaux sont indirectes pour les populations. Les réseaux entrant dans cette classe sont :
    - réseau routier
    - réseau aéroportuaire
    - réseau maritime
    - réseau financier (un réseau financier est maillé ou réparti et les interactions avec les autres réseaux sont réelles mais variables)
    - réseau de sécurité publique (les conséquences sur la population sont variables mais peuvent être assumées comme indirectes)
    - réseau gouvernemental

Le tableau 1, ci-dessous, synthétise la classification telle que définie précédemment.

Tableau 1 Caractérisation des classes de réseaux de support à la vie

Critère	Classes de réseaux de support à la vie				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
Maillage	Infrastructures maillées	Infrastructures maillées	Infrastructures maillées	Infrastructures réparties	Infrastructures réparties ou maillées
Élément transporté	service	substance	substance	service	service ou substance
Interaction entre réseaux	très nombreuses	nombreuses	faibles	variables	variables
Conséquences populations	indirectes	indirectes	directes	directes	indirectes
Classification de réseaux	• électrique • télécommunication • informatique • transport en commun	• gaz naturel • carburants liquides • ferroviaire • eaux usées	• eau potable	• alimentation • hospitalier	• routier • aéroportuaire • maritime • financier • sécurité publique • gouvernemental

L'utilisation de critères, basés sur des concepts tangibles qui reposent sur des notions de vulnérabilités, de conséquence et d'effet domino permet de regrouper les multiples réseaux de support à la vie en cinq classes distinctes. Cette approche systémique devra être poursuivie pour évaluer l'importance de chacune de ces classes selon des critères précis. De même une hiérarchisation et une priorisation de ces classes sont envisageables. Ces activités sont importantes pour toute démarche de planification de mesures d'urgence. La force de cette démarche est que les résultats de priorisation peuvent et doivent varier selon les critères choisis. C'est donc une démarche évolutive et adaptable à de multiples utilisations.

Dans le cadre spécifique de ce projet de recherche et développement, sur la hiérarchisation des liens entre ces réseaux de support à la vie, cette classification supportera la démarche au niveau de critères spécifiques.

4.0 Les liens entre les réseaux de support à la vie

Cette partie du rapport correspond au cœur du projet en présentant une méthodologie structurée de classification et de hiérarchisation des liens reliant des réseaux de support à la vie. La méthodologie est développée sur les liens et pourra être appliquée à la hiérarchisation des infrastructures et des réseaux ultérieurement. Cette démarche méthodologique est basée sur l'utilisation de critères pondérables définis en regard des objectifs précis de la hiérarchisation. Les domaines principaux touchés par cette étude concernent les mesures d'urgence.

Pour réussir toute activité de classification, il est bien important de bien définir et caractériser les objets à l'étude. Ainsi une définition des types de liens est présentée en premier lieu. Ensuite ces liens sont catégorisés en terme de contenu. La méthodologie de hiérarchisation développée est alors exposée suivie de la présentation des critères développés. En dernier lieu les paramètre descriptifs des critères sont explicités avec les échelles de hiérarchisation qui en résultent.

4.1 Définition des liens

Un lien est une interaction entre deux Réseaux de Support à la Vie (RSV). Cette interrelation permet la répercussion d'une vulnérabilité d'un réseau origine à un réseau destination, par le biais d'infrastructures et/ou d'opérations. Il a été démontré qu'il existe plusieurs types de liens entre les RSV, chaque type présentant des caractéristiques précis (Robert, 2001, 2002a et 2002b).

Certains liens sont planifiés, ils contribuent au fonctionnement des différents réseaux : ils ont été voulus, réfléchis, développés, et implantés. Ils sont connus et pris en compte dans les mesures d'urgence et d'atténuation. D'autres liens, par contre, découlent d'événements catastrophiques. Ils sont souvent négligés ou ignorés dans la gestion des réseaux de support à la vie et dans la planification des mesures d'urgence alors qu'ils généreront quand même des conséquences socioéconomiques importantes (Robert, 2001). Il ressort également que ces liens sont dédiés au transfert de matière (eau, gaz, etc.), de service (électricité, transport, etc.) ou de données informatiques. À partir de ces considérations, trois types de liens ont été identifiés soit les liens directs et indirects mais aussi les cyberliens. Ils sont définis ci-après.

4.1.1 Lien direct

Un lien direct relie physiquement deux composantes (infrastructure ou opération) de deux réseaux de support à la vie (Robert 2002b). Un lien direct est conçu et construit volontairement, contribuant ainsi directement au bon fonctionnement des RSV. C'est donc un lien permanent. Il transporte une substance physique ou un service par le biais d'une infrastructure. Le tracé d'un lien direct est connu.

Exemples de liens directs : une conduite de gaz alimentant une centrale thermique électrique; un câble électrique alimentant une usine d'épuration d'eau potable; un câble de contrôle à distance d'un évacuateur de crue.

Un lien direct peut être altéré ou brisé. Il est impliqué dans le fonctionnement optimal des RSV. Il engendre donc une défaillance des réseaux lorsqu'il perd de son efficience. Il réduit alors la

bonne réalisation des mission des réseaux. Il faudra tenter de le maintenir en condition adéquate afin de garantir l'efficience des RSV.

Un lien direct peut être unidirectionnel ou bidirectionnel (Robert, 2001). Un lien unidirectionnel transfert une substance ou un service d'un réseau origine (RSVo) vers un réseau destination (RSVd) alors qu'un lien bidirectionnel est utilisé dans les deux sens. Ainsi une ligne électrique peut être bidirectionnelle alors qu'une conduite de gaz est généralement unidirectionnelle.

4.1.2 Lien indirect

Un lien indirect est engendré par la défaillance d'un réseau. Un lien indirect n'est pas conçu ou planifié spécifiquement, il découle de la dispersion d'une matière d'un RSV. Cette dispersion entraîne une modification du milieu dans lequel évoluent les autres réseaux créant ainsi un lien. Le lien indirect est constitué d'une substance transmise d'un réseau à un autre. Ainsi l'identification et la caractérisation d'un tel lien repose sur des notions fondamentales reliées à la géographie, l'étendue et le comportement de la matière.

Exemples de liens indirects : un barrage de production hydroélectrique est submergé, l'inondation brise une usine d'eau potable; une conduite d'eau potable brise, l'eau qui s'écoule brise une conduite de gaz; un refoulement d'égout inonde une station de métro.

L'analyse des exemples précédents montre clairement que pour l'identification de ces liens un contexte doit être présent ainsi q'un mode de défaillance. Cela démontre clairement la complexité de l'étude de ces liens (Robert, 2001). Ces liens, ont, de plus, une connotation négative car ils ne servent pas au bon fonctionnement des réseaux mais, au contraire, sont associés à des défaillances. Le fait qu'ils ne sont pas conçus explique que ces liens sont souvent négligés, voire ignorés, dans la planification des mesures d'urgence.

Un lien indirect se construit. En effet, un lien indirect n'existe pas en temps normal. Dès qu'une défaillance d'un RSV intervient et que de la matière est dispersée le lien se construit avec la dispersion et la modification de cette matière. Dès que ce lien est construit vers un autre RSV, le transfert de vulnérabilité est effectif. Il y a donc une notion de non permanence et de temps de construction qui est fondamentalement relié à un tel lien.

Un lien indirect est unidirectionnel (Robert, 2001). Un lien unidirectionnel transfert une substance d'un réseau origine (RSVo) vers un réseau destination (RSVd). Cela décrit parfaitement le phénomène de construction d'un lien indirect tel décrit précédemment.

4.1.3 Cyberliens

Les cyberliens sont liés à l'insertion de la haute technologie de l'information et de la communication dans les activités industrielles et de production. Ils sont dédiés à transmission de données, d'informations, de communications par le biais de procédés électromagnétiques, ondulaires ou informatiques. Les cyberliens sont créés volontairement mais la connaissance exacte du tracé d'un tel lien est aléatoire et difficilement repérable pour un non initié, si l'on considère la toile informatique actuelle.

Exemples de cyberliens : le réseau Internet et Intranet; des ordinateurs en réseau; le contrôle à distance d'un poste de transformation électrique par cellulaire.

Un cyberlien peut être altéré ou brisé. Les cyberliens sont particulièrement sensibles et exposés à des actes de malveillance. Ces liens sont particulièrement impliqués dans le fonctionnement des RSV au niveau des opérations et de la gestion.

Un cyberlien est fondamentalement bidirectionnel. En effet, les communications sont généralement à double sens. Dès lors, une défaillance d'un tel lien affecte aussi bien le réseau origine (RSVo) que le réseau destination (RSVd) mais les conséquences sur chacun d'eux sont variables et sont fonction de la spécificité des opérations en relation.

Les cyberliens représentent une classe très différente des liens directs et indirects de par leur relative intangibilité. Leur particularité n'ont pas été approfondies dans le cadre de ce projet d'envergure limitée en terme de ressources et de temps.

4.2 Catégorisation des liens

Afin de permettre de catégoriser les différents types de lien, deux paramètres seront retenus : l'élément transporté par le lien et la permanence du lien dans le réseau. L'élément transporté est important parce qu'il détermine la mission du lien et définit sa participation dans le réseau. La permanence permettra de déterminer si le lien fait partie du fonctionnement normal ou s'il est nuisible à la bonne réalisation des missions des RSV.

L'élément transporté est ce qui est véhiculé ou transmis par le lien. Cet élément est parfois une substance : l'élément physique nécessaire au bon fonctionnement du réseau destination (eau, pétrole, gaz). L'élément transporté peut également être une quantité de données, qui se révèle aussi une source d'information opérationnelle. Finalement, le lien transmet également un service (transport en commun, électricité).

La permanence du lien est, pour sa part, déterminée par le fait que le lien est inclus dans le fonctionnement normal du réseau de support à la vie. Il doit alors être maintenu en tout temps. Un lien est non permanent lorsqu'il est engendré par une défaillance des réseaux ou encore lorsqu'il a été détourné de ses fonctions ou créé pour l'occasion. On cherchera alors à empêcher sa réalisation qui est destructrice pour les réseaux environnants.

Le tableau 2 synthétise ces concepts de catégorisation et montre leur application aux trois types de liens; indirects, directs et les cyberliens.

Tableau 2 Critères et paramètres de catégorisation des liens

Critères	Paramètres	Liens		
		Indirect	Direct	Cyber
Élément transporté	Substance physique	✓	✓	
	Informations / données			✓
	Service		✓	
Link permanence	Permanent (normal)		✓	
	Non permanent (anormal)	✓		
	Variables (normal)			✓

4.3 Hiérarchisation des liens

La hiérarchisation devra être réalisée selon d'une méthodologie flexible s'appuyant sur la caractérisation factuelle et tangible des liens et intégrant les objectifs de l'étude afin d'établir les liens qui devraient être traités prioritairement.

Dans le cadre de ce projet, les objectifs définis sont reliés à l'élaboration de mesures d'urgence face à des défaillances potentielles des liens entre plusieurs RSV. C'est un objectif global qui vise à identifier les liens avec des caractéristiques semblables afin de réaliser des regroupements. Trois objectifs spécifiques ont été identifiés.

- **La vulnérabilité d'un lien** – Pour un lien, la vulnérabilité est déterminée par ses caractéristiques physiques et son positionnement dans l'environnement. Un lien est davantage vulnérable s'il est susceptible de subir une défaillance ou de la propager par le biais des effets domino. Donc plus un lien sera vulnérable plus il sera essentiel d'apporter des mesures d'atténuation.

- **Les conséquences de défaillance d'un lien** – la connaissance et la caractérisation des conséquences permet, en mesures d'urgence, d'établir des plans d'urgence efficaces afin de se préparer à une défaillance. L'importance des conséquences potentielles est donc un paramètre important en terme de planification. Plus les conséquences de défaillance d'un lien sont importantes plus il devient essentiel de considérer ce lien dans les plans d'urgence.

- **Le potentiel opérationnel de gestion des mesures d'urgence d'un lien** – la communication des risques représente un volet important des mesures d'urgence. Toutefois, nous estimons que des mécanismes de communication doivent être implantés prioritairement lorsqu'une gestion de crise efficace et opérationnelle est possible. Si devant une défaillance potentielle d'un lien il est possible de poser des actions dans l'un ou l'autre des deux réseaux pour mieux gérer la crise issue de cette défaillance, alors des mécanismes de communication opérationnels privilégiés devraient être implantés (Robert, 2002b). Plus les actions de gestion de crise sont possibles lors de la défaillance d'un lien, plus il est essentiel d'implanter des mécanismes de communication des risques.

Ces trois objectifs vont guider l'établissement de critères d'évaluation du degré d'essentialité des liens entre plusieurs RSV. Toutefois, pour établir un degré, il est nécessaire d'établir une échelle comparative afin de pouvoir regrouper les liens avec des caractéristiques similaires qui répondent à un objectif précis. De plus, pour chaque objectif, un degré d'essentialité a été établi. Il importe, alors, de quantifier des degrés d'essentialité, selon des particularités et des caractéristiques similaires.

À l'instar du HSAS (White House, 2002), une échelle d'interprétation de l'essentialité des liens qualitative est déterminée. L'échelle d'interprétation est établie selon les principes théoriques tirés des travaux sur les systèmes experts et la théorie de l'endorsement (Cohen, 1986; Peyrat, 1996; Robert, 1996 et 1998). Les concepts utilisés se veulent reconnus universellement, ce qui signifie que les données manipulées doivent être tangibles et précises, pour une meilleure compréhension de la situation. L'échelle est symbolique.

L'échelle présentée est graduée en 5 niveaux d'essentialité, chacun étant associé à une définition du niveau d'essentialité du lien à l'étude, selon l'objectif sélectionné. Il est donc possible de parler de regroupement des liens entre 5 intervalles d'essentialité.

- Très fortement essentiel
- Fortement essentiel
- Essentiel
- Faiblement essentiel
- Très faiblement essentiel

Après l'analyse chaque lien fera partie d'un intervalle d'essentialité et disposera d'une échelle numérique définissant son positionnement exact dans cet intervalle. Il sera donc possible de déterminer que l'on souhaite traiter des liens faisant partie d'un intervalle précis et, ensuite, de les analyser selon leur ordre numérique. Il devient concevable de déterminer similarités, particularités, différences et pistes d'action privilégiées entre les liens.

4.4 Critères de caractérisation

La classification puis la hiérarchisation des liens, selon un degré d'essentialité relatif à un objectif spécifique, demande de déterminer des critères descriptifs du liens. Ces critères permettent de caractériser le lien à l'étude par rapport à un objectif et de mesurer comment le lien répond à cet objectif. À partir de cette mesure, il est possible de déterminer le degré d'essentialité de ce lien à l'étude par rapport à l'objectif.

Ces critères doivent respecter certains principes afin d'assurer une uniformité et une consistance dans la méthodologie d'évaluation de l'essentialité. Les principes fondamentaux touchent des notions de granularité, de pragmatisme, d'uniformité et d'évolution. Ils sont décrits ci-après.

- **Granularité** : un critère doit représenter, dans la mesure du possible, une seule information ou un seul concept. Un critère ne doit pas intégrer plusieurs notions différentes.

- **Pragmatisme** : un critère doit être tangible et mesurable ou quantifiable. Il doit, dans la mesure du possible, ne pas laisser place à de la subjectivité.
- **Uniformité** : les critères doit être uniformes en terme de champs d'expertise qu'ils couvrent. Il s'agit d'éviter d'utiliser des critères très spécifiques ou très pointus en terme d'expertise avec des critères généraux. De plus ces critères doivent être reconnus et compréhensibles globalement par les experts dans le domaine.
- **Évolution** : un critère doit pouvoir évoluer en fonction de l'acquisition de nouvelles connaissances. Il faut donc qu'il soit défini et caractérisé globalement et éviter d'être trop spécifique. De plus, l'ensemble des critères doivent être diversifiés afin de couvrir l'ensemble du domaine à l'étude.

Les critères de caractérisation sont divisés en trois catégories, associées aux trois objectifs d'essentialité. Les critères seront brièvement nommés, décrits et présentés. Le principe d'utilisation permettant de hiérarchiser les liens en fonction des objectifs d'essentialité sera également démontré.

La grille d'évaluation de chacun des critères peut être consultée à l'annexe A.

4.4.1 La vulnérabilité d'un lien

La première catégorie de critères est associée à la vulnérabilité potentielle du lien. Il faut donc démontrer les points critiques du lien. Les critères reliés à ce principe d'essentialité devront utiliser des données physiques tangibles du lien afin de déterminer son potentiel de défaillance. Puisque ces données sont physiques, elles sont relativement disponibles par l'analyse des RSV. La collaboration des gestionnaires de réseaux ne devrait pas être sollicitée. Sept critères de caractérisation sont utilisés pour démontrer la vulnérabilité des liens :

Nature du lien

La nature du lien représente le type de lien, c'est à dire son rôle dans le fonctionnement du RSV. On reconnaît l'existence des liens directs, des cyberliens (fonctionnement du réseau) et des liens indirects (défaillance des RSV). Le principe d'utilisation détermine que les liens indirects sont les plus vulnérables, puisqu'ils sont les moins identifiés et donc les moins contrôlés par les gestionnaires de réseaux. En effet, les liens indirects, puisqu'ils ne font pas partie du fonctionnement normal du réseau, mais découlent plutôt de sa défaillance, sont souvent oubliés et causent alors des effets domino. Ce critère a été retenu afin de déterminer l'élément transporté par le lien de même que son intégration dans le fonctionnement normal du réseau.

Corridor géographique

Le corridor géographique est la distance en km sur laquelle se déploiera le lien. Le principe d'utilisation rappelle que les liens les plus étendus sont les plus vulnérables et donc essentiels. L'échelle d'évaluation des distances devra varier afin de présenter une plus grande adaptabilité au contexte particulier du lien. Ce critère est primordial puisqu'il illustre quels RSV sont vulnérables à certains liens.

Sens

Le sens du lien est lié à la direction de l'élément transporté par le lien. En effet, les liens bidirectionnels sont plus essentiels que les liens unidirectionnels puisqu'ils permettent le transfert de la vulnérabilité à deux RSV. Ce critère permet d'illustrer la trajectoire de la matière du lien et donc de mieux déterminer quelles infrastructures, essentielles ou non, seront plus vulnérables à la défaillance du lien.

Imprégnation

La notion d'imprégnation se rapporte au degré auquel une défaillance touche le RSV. L'imprégnation est désignée par le type de composante affectée par le lien : opérationnelle ou structurelle. Le principe d'utilisation privilégie les composantes opérationnelles, car ces composantes semblent, d'après l'expérience de travail des membres de l'équipe de recherche, les moins considérées en terme de mesures d'urgence. Elles sont donc globalement plus vulnérables.

Protection du lien en situation courante

Le critère de protection du lien évalue chacun des liens selon les mesures implantées afin de le protéger en situation normale. Les liens qui ne sont pas protégés sont évidemment plus vulnérables.

Atténuation du lien

L'atténuation du lien détermine les liens les moins bien protégés en terme de situation exceptionnelle. Il faut évidemment d'abord opter pour le traitement de liens qui ne bénéficient pas de mesures d'atténuation. Les liens indirects sont également priorisés puisqu'ils découlent directement de l'apparition de situations exceptionnelles et qu'ils les aggravent.

Vulnérabilité associée

La vulnérabilité associée est le critère qui permet d'évaluer les aléas les plus susceptibles de toucher un lien. Ce critère favorise les liens qui sont les plus à même de subir de la malveillance et des erreurs humaines. Ce choix s'inscrit directement dans les nouvelles préoccupations des responsables en mesures d'urgence qui identifient les risques informatiques comme une menace de plus en plus sérieuse et potentielle.

4.4.2 Les conséquences de défaillance d'un lien

Le deuxième objectif d'essentialité permettant d'établir une catégorie de critères est l'ensemble des conséquences que peut produire la défaillance potentielle d'un lien sur les RSV. En effet, l'essentialité du lien réside dans sa capacité à faire face à la défaillance, mais également à son influence potentielle sur le fonctionnement des RSV environnants.

Des données décrivant le fonctionnement des réseaux seront nécessaires afin de déterminer les conséquences de la défaillance du lien. Ces données sont techniques mais habituellement moins disponibles que celles reliées à la description physique. L'aide des gestionnaires de réseaux devenant parfois utile.

Classes de réseaux

Les classes des réseaux sont importantes afin des déterminer les conséquences potentielles de la défaillance d'un lien. Il faut prioriser les liens qui relient des classes plus essentielles de RSV. Dans le cadre de ce projet, les classes de RSV n'ont pas été évaluées en terme d'essentialité. Dès lors, des valeurs fictives seront utilisées, mais dès qu'une hiérarchisation des RSV sera effective selon des objectifs similaires, ces résultats seront intégrés.

Essentialité des composantes touchées

L'essentialité des composantes touchées est d'abord déterminée par les gestionnaires du réseau touché. Les liens reliant des composantes très essentielles sont les liens à prioriser : ils auront de plus importantes conséquences sur la réalisation des missions des réseaux en cas de défaillance.

Efficience des RSV

L'efficience des réseaux se veut une mesure de la variation de l'efficience du réseau après la défaillance ou la création du lien pour les liens indirects. Ce critère évalue donc les conséquences qui découlent de la défaillance ou de la création de ce lien dans le fonctionnement du réseau destination. La hiérarchisation se fera en déterminant la plus grande variation de l'efficience du RSV pour un lien. Il ne faut pas négliger le sens du lien qui permet d'identifier si ce dernier touche seulement le réseau destination ou se propage également dans le réseau origine. Ce critère permet de démontrer que les réseaux sont interdépendants et ne peuvent plus remplir leur mission correctement si certaines interactions de sont pas maintenues ou évitées.

Effets domino potentiels

Il s'agira d'évaluer, par les études de conséquences de plusieurs réseaux de support à la vie, combien d'effets domino peut engendrer le lien. Un lien bidirectionnel détermine qu'il faut évaluer les réseaux origine et destination. Les liens provoquant le plus grand nombre d'effets domino seront les liens à privilégier. L'échelle d'évaluation devra être adaptée en fonction du nombre total de RSV évalués par l'étude. Il est évident que ce critère permet de hiérarchiser les liens entre RSV selon leur potentiel de répercussion de la vulnérabilité en conséquences sur les autres réseaux.

Alternative

L'alternative du lien est un critère qui s'applique aux liens directs et aux cyberliens. Les liens indirects découlent de la défaillance des réseaux, ils ne présentent certainement pas d'alternative. Les liens priorisés seront ceux qui ne bénéficient pas d'une alternative qui permettrait de maintenir l'efficience du réseau en cas de défaillance. Ce critère a été retenu afin de démontrer les ressources éventuelles des RSV en cas de défaillance du lien.

4.4.3 Le potentiel opérationnel de gestion des mesures d'urgence d'un lien

Le troisième objectif d'essentialité des liens les hiérarchise en fonction du potentiel opérationnel de gestion lors de la défaillance ou de création d'un lien. Les liens ayant le potentiel d'amélioration le plus important au niveau opérationnel seront priorisés dans le but d'en optimiser la gestion. Il faut donc déterminer si le lien a un potentiel opérationnel d'action concrète, d'instauration de mesures d'atténuation et de gestion de crise et de communication des risques.

Les données utilisées sont liées à de l'information de gestion des réseaux de support à la vie. Ces données sont évolutives puisqu'elles découlent des procédures et des règles de fonctionnement du réseau. L'information sera disponible au niveau de la documentation ou encore directement des gestionnaires des réseaux qui auront, ou non, considéré les mesures à prendre à propos d'un lien. Les critères utilisés varieront encore une fois en terme d'objectifs d'étude. Six critères rendent compte de ce potentiel de gestion.

Authority

L'autorité d'un lien se veut la démonstration des responsables du lien. Les RSV origine et destination étant souvent différents et donc gérés par des entités administratives distinctes, il est difficile d'identifier qui devra assumer la mise ne place et l'entretien de ce lien. Il faut donc privilégier les liens indirects, qui seront clairement moins pris en charge par les RSV, puisque inattendus et mal identifiés. Les cyberliens seront également priorisés puisqu'ils relèvent souvent d'une autorité distincte du réseau principal. Les liens directs sont beaucoup plus évidents, les infrastructures devant être entretenues régulièrement les responsables sont connus. Ce critère est donc retenu afin de démontrer quels liens sont les plus à même de se retrouver sans aucune autorité afin d'assumer les conséquences de la défaillance ou de la création du lien de même que la gestion des mesures d'urgence qui lui est rattachée.

Préparation

Le critère de préparation du lien cherche à évaluer si ce lien a été inclus dans des exercices et les mesures d'urgence. Le principe d'évaluation de ce critère est que si un lien n'est pas privilégié en terme de mesures d'urgence, il devient essentiel d'y palier. Les données utilisées par ce critère sont tout simplement son intégration dans les mesures d'urgence et les exercices préparatoires.

Communication des risques

Ce critère est complémentaire au précédent dans la mesure où on cherche à démontrer l'existence d'une structure servant à la communication des risques pour ce lien. Les liens ne disposant pas de cette structure devront être priorisés afin d'optimiser leur potentiel de gestion et de mesures d'urgence. Ce critère a été inclus dans l'analyse afin de démontrer qu'un moyen de communication efficace, quel qu'il soit, doit permettre aux réseaux de réagir à certains événements. Il s'avère un outil de gestion important tant aux étapes de prévention et préparation, qu'au moment de transmettre des informations lors d'une menace à l'intégrité de ce lien.

Temps de réaction nécessaire

Le temps de réaction est associé au temps de construction du lien indirect. En effet, les liens indirects peuvent permettre un temps de réaction durant leur construction, assurant ainsi l'instauration de mesures d'urgence et d'atténuation adéquates. Il faut donc prioriser les liens qui ont un temps de construction assez court et qui ne permettent pas ou difficilement une gestion. L 'échelle d'évaluation du lien se fera donc en unité temporelle, à définir précisément selon les situations particulières. Ce critère est retenu de manière à démontrer que ce ne sont pas tous les liens qui permettent une gestion optimale et qu'il faut accorder plus d'attention à ceux qui semblent moins évidents à gérer.

Gestion opérationnelle du lien

La gestion opérationnelle du lien est le critère qui permettra de privilégier les liens qu'il semble possible de gérer, en fonction du temps. Ce critère sera évalué à partir du temps nécessaire pour contrôler la défaillance d'un lien direct ou le temps de construction d'un lien indirect.

Durée de rétablissement

La durée de rétablissement est le temps nécessaire afin de remettre le lien en opération dans le cas des liens directs et des cyberliens. Dans le cas des liens indirects, il faut noter que la durée de rétablissement est caractérisée par le temps nécessaire afin que le RSV origine et/ou destination contrôle la matière véhiculée par le lien. Les activités de retour à la normale peuvent alors reprendre. Les liens présentant une longue durée de rétablissement, et donc un potentiel de gestion moins, grand seront privilégiés. La durée de rétablissement permet d'évaluer combien de temps l'influence de la défaillance se fera sentir dans les réseaux impliqués.

4.5 Paramètres d'identification et échelle d'évaluation

Les critères définis précédemment, doivent pouvoir être caractérisés, évalués et mesurés afin de comparer les liens entre eux et établir leur degré d'essentialité selon les objectifs d'étude. Pour ce faire, des paramètres spécifiques à chaque critère seront utilisés. Les paramètres sont des données accessibles, à quelques exceptions, dans la majorité des liens entre RSV et qui permettent de définir l'essentialité du lien. À la suite de la collecte de ces données, il sera possible de compléter les échelles d'évaluation des critères de caractérisation. Les paramètres sont donc une description d'un lien et les critères en les utilisant permettent d'établir le degré d'essentialité du lien.

Voici donc une énumération des paramètres identifiés, en ordre selon les principes d'essentialité. Sera également démontré comment recueillir les données et les valeurs possiblement attribuables. Un paramètre inaccessible recevra souvent une valeur assez élevée, afin de ne pas négliger certains éléments qui peuvent se révéler fort importants. Comme dans le cas des critères, l'utilisation des paramètres sera certainement appelée à varier à travers le temps et la diversité des RSV. Ces paramètres sont décrits à l'annexe B.

Nature du lien : la nature du lien est déterminée par deux éléments du lien, facilement identifiables par la simple observation des caractéristiques physiques du lien: l'élément transporté et la permanence du lien. L'élément transporté est ce qui est véhiculé par le lien. Ce peut être de l'information ou des données (cyberliens), un service (liens directs) ou une substance (liens directs ou indirects). La permanence du lien permet de différencier les liens directs (permanents) des liens indirects (temporaires).
Valeurs possibles du paramètre : Indirect / Direct / Cyberlien

Distance géographique : la distance géographique est également une caractéristique du lien qu'il est possible de déterminer assez facilement, surtout dans le cas des liens directs. Il suffira d'identifier la longueur des différents liens.
Valeurs possibles du paramètre : distance en km

Sens du lien : le sens du lien détermine, dans le cas des liens directs et des cyberliens, la direction de la matière dans le lien. Les liens sont donc bidirectionnels ou unidirectionnels. Ces renseignements sont encore une fois disponible par l'observation du réseau de support à la vie.
Valeurs possibles du paramètre : Unidirectionnel / Bidirectionnel

Nature des composantes : la nature des composantes reliées par le lien peut également être déterminée par l'analyse physique du lien et de ses extrémités. Les composantes sont structurelles ou opérationnelles dans le réseau. Les composantes du réseau origine (RSVo) et du réseau destination (RSVd) sont considérées.
Valeurs possibles du paramètre pour le RSVo : Opérationnelle / Infrastructure
Valeurs possibles du paramètre pour le RSVd : Opérationnelle / Infrastructure

Présence de protection courante sur le lien : les mesures de protection courantes sur un lien sont assez évidentes si elles sont de nature structurale. Toutefois, lorsqu'elles sont de nature opérationnelle, il faut penser à consulter les gestionnaires du réseau afin de les identifier plus facilement. Ce paramètre n'est pas applicable aux liens indirects puisque ces derniers sont construits par des situations exceptionnelles.
Valeurs possibles du paramètre : Oui / Non / Non disponible

Présence de protection en situation exceptionnelle : cette variable peut être recherchée dans le cadre de l'examen de tous les liens. Il s'agit de déterminer si des mesures d'atténuation ou de protection exceptionnelles ont été établies viennent s'additionner aux mesures de protection courante du lien.
Valeurs possibles du paramètre : Oui / Non / Non disponible

Classe des RSV: il s'agit de déterminer les classes de RSV de l'origine et de la destination du lien, conformément à la définition des classes de réseaux de support à la vie.
Valeurs possibles du paramètre pour le RSVo : A / B / C / D / E
Valeurs possibles du paramètre pour le RSVd : A / B / C / D / E

Essentialité des composantes : l'essentialité des composantes est définie, avec les gestionnaires, selon l'importance pour le bon fonctionnement du réseau des composantes touchées par le lien. Ces valeurs d'essentialité seront évaluées selon une échelle symbolique qui permettra de déterminer différents degrés d'essentialité.
Valeurs possibles du paramètre de la composante Origine : Très fortement essentielle / Fortement essentielle / Essentielle / Faiblement essentielle / Très faiblement essentielle
Valeurs possibles du paramètre de la composante Destination : Très fortement essentielle / Fortement essentielle / Essentielle / Faiblement essentielle / Très faiblement essentielle

La diminution d'efficience (DE) : ce paramètre mesure la perte d'efficience des réseaux origine (RSVo) et destination (RSVd) suite à la défaillance ou le bris du lien. Cette perte est exprimée en pourcentage. Ce calcul ne peut être réalisé que conjointement avec les gestionnaires des deux réseaux touchés par le lien.
Valeurs possibles du paramètre pour le RSVo : diminution d'efficience en %
Valeurs possibles du paramètre pour le RSVd : diminution d'efficience en %

Réseaux reliés à la composante affectée : cette information sur le fonctionnement des réseaux peut être évaluée par l'observation des RSV. Il s'agit de déterminer combien d'autres réseaux sont reliés à la composante du réseau touchée par le lien. Ce paramètre est évalué pour les deux réseaux origine (RSVo) et destination (RSVd).
Valeurs possibles du paramètre pour le RSVo : nombre supérieur ou égal à 0
Valeurs possibles du paramètre pour le RSVd : nombre supérieur ou égal à 0

Présence d'une alternative au lien : cette information ne pourra être identifiée sans le soutien des gestionnaires du RSV. Une alternative se veut un moyen de maintenir l'efficience des RSV même après une défaillance. L'échelle d'évaluation devra donc déterminer si le lien dispose d'une alternative ou non, ou encore si l'information est inaccessible. Les liens indirects ne bénéficient jamais d'alternative.
Valeurs possibles du paramètre : Oui / Non / Non disponible / Inapplicable

Présence de mesures d'urgence : l'évaluation de ce paramètre se fait par une identification, à l'aide des gestionnaires, si le lien est inclus spécifiquement dans les plans d'urgence. Ce paramètre est évalué pour les deux réseaux origine (RSVo) et destination (RSVd).
Valeurs possibles du paramètre du RSVo : Oui / Non / Non disponible
Valeurs possibles du paramètre du RSVd : Oui / Non / Non disponible

Présence d'exercices préparatoires : l'évaluation de ce paramètre se fait par une identification, à l'aide des gestionnaires, si le lien a déjà été traité dans certains exercices.
Valeurs possibles du paramètre : Oui / Non / Non disponible

Présence d'une structure de communication : l'identification d'une structure de communication se fait à l'aide des gestionnaires du réseau.
Valeurs possibles du paramètre : Oui / Non / Non disponible

Temps de réaction du lien : ce paramètre est applicable uniquement sur les liens indirects. Il est défini à l'aide des études de vulnérabilités et de conséquences. Ce paramètre mesure le temps nécessaire au déploiement (à la construction) complet du lien.
Valeurs possibles du paramètre : durée (en minute / heure / jour) / Inapplicable

Temps de gestion opérationnelle : le temps de gestion opérationnelle peut être identifié dans le cas des liens directs, des cyberliens et des liens indirects. Ce paramètre établi si une gestion opérationnelle est possible soit dans un réseau ou dans les deux.
Valeurs possibles du paramètre : Oui / Non / Non disponible

Durée de rétablissement : ce paramètre identifie le temps nécessaire au rétablissement du lien ou du contrôle de la situation dans le cas des liens indirects. Ces données pourront être tirées des études de conséquences ou de vulnérabilités des RSV. Les valeurs symboliques de mesures de temps (court, moyen, long ou encore minutes, heures, jours) sont associées à des valeurs numériques.
Valeurs possibles du paramètre : durée (en minute / heure / jour)

5.0 Méthodologie de hiérarchisation

La méthodologie de hiérarchisation est simple et constituée de calculs. En effet, en attribuant une valeur à chaque paramètre, un poids à chaque critère et un coefficient au niveau des classes d'essentialité, il devient possible de "*calculer*" l'essentialité d'un lien. Les résultats numériques sont ensuite représentés qualitativement en fonction de l'échelle d'essentialité définie précédemment.

Cette approche se veut flexible et les usagers doivent pouvoir intervenir dans la méthode de calcul afin de situer les résultats en fonction des objectifs des études. Il faut donc que le mode de calcul soit modulable, compréhensible et simple.

La méthodologie est présentée globalement et l'application au cadre strict de ce projet est exposée pour fin de compréhension.

5.1 Classes d'essentialité

Les classes d'essentialité correspondent directement aux objectifs d'essentialité. Un poids est associé à ces classes pour permettre une plus grande versatilité dans la démarche en favorisant des objectifs par rapport à d'autres. Il est à noter qu'un poids nul implique qu'un objectif n'est pas considéré.

- Nombre de classes : n
- Application : n = 3
  - Classe 1 : vulnérabilité d'un lien
  - Classe 2 : conséquences de défaillance d'un lien
  - Classe 3 : potentiel opérationnel de gestion des mesures d'urgence d'un lien
- Poids d'une classe de critères : Pcl_j, où $j = 1, n$
- Le poids varie de 0 à 5, un poids de 0 indiquant que cette classe ne sera pas considérée dans l'étude.
- Application : par défaut le poids est uniformément égal à 1
  - Classe 1 : $Pcl_1 = 1$
  - Classe 2 : $Pcl_2 = 1$
  - Classe 3 : $Pcl_3 = 1$

5.2 Critère de caractérisation

Les critères de caractérisation sont associés à une classe d'essentialité précise. Pour chaque classe d'essentialité, il existe un nombre m de critères.

- Application :
  - Classe 1 = Vulnérabilité d'un lien
    m = 7 Critères
    1 : Nature du lien
    2 : Corridor géographique
    3 : Sens
    4 : Imprégnation
    5 : Protection du lien en situation courante
    6 : Atténuation
    7 : Vulnérabilités associées
  - Classe 2 = Conséquences
    m = 5 Critères
    1 : Classes de réseaux
    2 : Essentialité des composantes
    3 : Efficience des réseaux
    4 : Effets domino potentiels
    5 : Alternative du lien
  - Classe 3 = Gestion opérationnelle et mesures d'urgence
    m = 6 Critères
    1 : Autorité
    2 : Préparation
    3 : Communication des risques
    4 : Temps de réaction du lien
    5 : Gestion opérationnelle du lien
    6 : Durée de rétablissement

- Chaque critère (i) d'une classe (j) possède un poids = Pc_{ij}, où i = 1, m et j = 1, n
  - Les poids des critères varient également de 1 à 5. Un poids de 0 indique que ce critère ne sera pas utilisé dans l'étude.
  - Application : Par défaut le poids des critères sera uniforme à 1 pour tous les critères.
  - Exemple : Classe 1 : Vulnérabilité
    Critère 2 : Corridor géographique
    Le poids du critère : $Pc_{21} = 1$

5.3 Méthodologie

- Chaque lien est analysé successivement.
- Pour chaque lien, chacune des classes d'essentialité est analysée successivement.
- Pour chaque lien et chaque classe, chaque critère de cette classe est analysé successivement.
- Pour chaque critère spécifique, le lien à l'étude est évalué et une valeur entre 1 et 5 lui est attribuée selon le principe d'utilisation défini à l'annexe A.
- Cette valeur pour un lien spécifique est notée :
  - $Vclien_{ij}$ où i =1, m ; j = 1, n
  - C'est donc la valeur du lien à l'étude pour le critère i de la classe j.
- Chaque critère et chaque classe ayant des poids variables, la valeur totale du lien à l'étude est donc obtenue par l'équation 1 :

Équation 1

$$VT_{lien} = \sum_{j=1}^{n}\left[Pcl_j * \left(\sum_{i=1}^{m} \left(Pc_{ij} * Vclien_{ij} \right) \right) \right]$$

Tous les liens étudiés obtiennent une valeur qui dépend des valeurs attribuées aux critères, du poids des critères et finalement du poids de la classe. Une hiérarchisation est donc maintenant possible entre les liens puisqu'ils sont tous catégorisés puis hiérarchisés selon une valeur particulière. La hiérarchisation sera faite en ordre décroissant des valeurs des liens.

Puisque que certains liens entre réseaux de support à la vie peuvent présenter des caractéristiques similaires, il est intéressant de regrouper ces liens selon des intervalles. En fonction des échelles d'évaluation des critères, cinq intervalles d'essentialité sont définis. Les intervalles sont calculés en fonction de la valeur maximale possible d'un lien. Cette valeur maximale possible découle des poids qui ont été attribuées aux classes d'essentialité de même qu'aux critères.

Dans le cas d'une échelle d'évaluation des critères de 1 à 5, cette valeur maximale est calculée ci-dessous à l'aide de l'équation 2, sachant que 5 est la valeur maximale que peut prendre chacun des critères selon les grilles d'évaluation :

Équation 2

$$ValMax = \sum_{j=1}^{n} Pcl_j * \left(\sum_{i=1}^{m} \left(Pc_{ij} * 5 \right) \right)$$

- Les bornes d'intervalles sont alors définies comme suit :
  - Bi = Valmax / 5

- Les intervalles sont définis numériquement et des couleur pourraient éventuellement y être associés en tenant compte de l'échelle d'essentialité définie précédemment :

$Intervalle1 = [0; Bi]$

$Intervalle2 =]Bi; 2Bi]$

$Intervalle3 =]2Bi; 3Bi]$

$Intervalle4 =]3Bi; 4Bi]$

$Intervalle5 =]4Bi; 5Bi]$

Intervalle 1 = correspondance en terme d'essentialité *: très faiblement essentiel (bleu)*

Intervalle 2 = correspondance en terme d'essentialité *: faiblement essentiel (vert)*

Intervalle 3 = correspondance en terme d'essentialité *: essentiel (jaune)*

Intervalle 4 = correspondance en terme d'essentialité *: fortement essentiel (orange)*

Intervalle 5 = correspondance en terme d'essentialité *: très fortement essentiel (rouge)*

Ainsi, chaque lien est associé à un intervalle, une couleur et une description de son essentialité. Bien que l'échelle de couleurs ne soit pas utilisée à l'intérieure de ce rapport, elle peut être efficace lors de représentation graphique. L'ordre de traitement des liens établi, il ne reste plus que les moyens d'action à mettre en place afin de s'assurer que chaque lien soit considéré et traité selon ses particularités.

6.0 Application

La démarche présentée précédemment doit permettre de standardiser la hiérarchisation des liens entre les réseaux de support à la vie en uniformisant les données utilisées ainsi que leur interprétation. Ceci est nécessaire pour réussir à limiter la subjectivité lors d'activités de hiérarchisation. En uniformisant ce processus la compréhension des enjeux devrait être facilitée pour tous les intervenants impliqués. La méthodologie peut alors supporter la prise d'actions communes. Il sera démontré qu'en utilisant des critères tangibles et mesurables, il devient possible de comparer des liens de différentes natures et de les hiérarchiser de manière quantifiée. Un exemple de calcul, démontrant le déroulement de la méthode pour l'étude d'un lien, est présenté ainsi qu'une compilation des résultats obtenus pour tous les liens. C'est plusieurs, et non une seule, possibilités de hiérarchisation qui sont ensuite présentées. Il est d'ailleurs démontré que la hiérarchisation varie selon les objectifs considérés, les résultats supportant le concept d'une essentialité variable. La méthodologie de hiérarchisation est explicitée par l'étude des cinq liens suivants. La fiche descriptive de chaque lien est présentée à l'annexe B.

- **Lien 1** – Lien de téléphonie entre les services de pompier et de police d'une municipalité. Il assure le transfert d'information et la coordination des équipes de secours et de sécurité. Ce lien est un cyberlien.
- **Lien 2** – Câble de distribution électrique supportant les activités de la station d'épuration des eaux d'une municipalité. Ce lien est direct.
- **Lien 3** – Lien entre le réseau informatique de contrôle automatisé et les installations de production électriques. Ce lien est un cyberlien.
- **Lien 4** – Lien indirect potentiel entre un oléoduc et une conduite d'eau. Ce lien est indirect.
- **Lien 5** – lien assurant la distribution d'électricité au réseau de métro. Ce lien est direct.

Le choix de liens de natures variées démontre que la méthode s'applique autant à des liens directs, indirects qu'à des cyberliens.

6.1 Exemple de calcul

Pour un lien donné, la démarche à suivre, afin de déterminer la valeur de chaque critère (Vclien) et d'obtenir la valeur totale du lien (Vtlien), est présentée ci-après. Les calculs sont explicités à l'annexe C.

Le lien 1 servira d'exemple afin d'illustrer les étapes de la méthodologie soit :

1. Le calcul de la valeur de chaque critères;
2. le calcul de la valeur totale du lien (équation 1);
3. le calcul de la valeur maximale du lien (équation 2); et
4. la définition des bornes des degrés d'essentialité.

Le tableau suivant présente les résultats détaillés de ces calculs pour le lien 1.

Tableau 3 Calcul de la valeur du lien 1

Objectif 1: Vulnérabilité du lien		**Objectif 2: Conséquences de défaillance du lien**		**Objectif 3: Potentiel opérationnel de gestion de mesures d'urgence**	
Critères	**Valeur**	**Critères**	**Valeur**	**Critères**	**Valeur**
Vclien 1: Nature du lien = cyberlien	3	Vclien 8: Classes de réseaux = 2 RSV de classe E	3	Vclien 13: Autorité = Cyberlien	5
Vclien 2 corridor géographique = 0.5km	1	Vclien 9: Essentialité des composantes touchées = 2 comp. très fort.	5	Vclien 14: Préparation = IMUO = n.d., IMUD = n.d., IEP = n.d.	5
Vclien 3: Sens = Bidirectionnel	4	Vclien 10: Efficience des RSV = RSVo 90% et RSVd 70%	4	Vclien 15: Communication des risques = non	5
Vclien 4: Imprégnation = touche 2 comp. opérations.	5	Vclien 11: Effets domino potentiels = bidirectionnel et NRCo + NRCd = 4	5	Vclien 16: Temps de réaction = Inapplicable	0
Vclien 5: Protection en situation normale = non	5	Vclien 12: Alternative = non	5	Vclien 17: Gestion opérationnelle = non	1
Vclien 6: Atténuation = oui	1			Vclien 18: Durée de rétablissement = 2h.	4
Vclien 7: Vulnérabilités associées = comp. RSVo et RSVd sont opérationnelles	5				
Valeur totale objectif 1	**24**	**Valeur maximale objectif 2**	**22**	**Valeur maximale objectif 3**	**20**
Valeur maximale objectif 1 7*5 = 35		Valeur maximale objectif 2 5*5 = 25		Valeur maximale objectif 3 6*5 = 35	
Valeur maximale du lien 18*5 = **90** (calculée avec l'équation 2)			Valeur totale du lien 1: 24+22+20 = **66** (calculée avec l'équation 1)		

Abréviations:
Comp. : composante
RSVo : réseau de support à la vie origine
RSVd: réseau de support à la vie destination
Très fort. ess. : Très fortement essentielle
NRCo: Nombre de réseaux connectés à la composante d'origine
NRCd: Nombre de réseaux connectés à la composante destination
IMUO: Importance accordée aux mesures d'urgence dans le RSVo
IMUD: Importance accordée aux mesures d'urgence dans le RSVd
IEP: Importance accordée aux exercices préparatoires
N.d.: Non disponible

Pour définir l'étendue des intervalles, on divise la valeur maximale par cinq (étant la valeur maximale d'un critère).

Bi = 90/5 = 18

Pour le lien 1, les intervalles des degrés d'essentialité sont :

- Intervalle 1: Très faiblement essentiel = [0, 18]
- Intervalle 2: Faiblement essentiel =]18, 36]
- Intervalle 3: Essentiel =]36, 54]
- Intervalle 4: Fortement essentiel =]54, 72]
- Intervalle 5: Très fortement essentiel =]72, 90]

Puisque le lien 1 à obtenu un total de 66, il se retrouve dans l'intervalle 4; fortement essentiel.

Les résultats pour chaque lien sont regroupés dans le Tableau 4.

Tableau 4 Valeurs obtenues pour les cinq liens

Liens	Objectif 1	Objectif 2	Objectif 3	Valeur totale
1	24	22	20	**66**
2	12	18	19	**49**
3	24	11	17	**52**
4	12	12	28	**52**
5	10	15	9	**34**

6.2 Interprétation des résultats

6.2.1 Possibilités de hiérarchisation

Une fois les résultats obtenus, il est possible de hiérarchiser les liens en jumelant les valeurs de plusieurs objectifs ou encore d'analyser les résultats en ne privilégiant qu'un seul objectif. Il ne faut pas perdre de vue que les degrés d'essentialité signifient peu s'ils ne sont pas mis en relation avec les objectifs identifiés préalablement soit:

- **Objectif 1**: établir des mesures d'atténuation en identifiant les liens les plus vulnérables.
- **Objectif 2**: améliorer la planification des mesures d'urgence en identifiant les liens dont la défaillance entraînerait le plus de conséquences.
- **Objectif 3**: optimiser la gestion de crise en identifiant les liens possédant le meilleur potentiel opérationnel de gestion.

En utilisant les résultats de tous les liens pour chaque objectif, plusieurs possibilités de hiérarchisation sont possibles. Les tableaux suivants présentent les degrés ainsi que les intervalles d'essentialité obtenus pour les cinq liens à l'étude. Les résultats sont d'abord présentés séparément pour chaque objectif. Les résultats des Objectifs 1 et 2 sont ensuite combinés puisqu'il est intéressant de faire une analyse d'essentialité jumelant les vulnérabilités et les conséquences. Finalement, le résultat de la valeur totale du lien est obtenu en additionnant les résultats des trois objectifs. Le Tableau 5 résume donc les intervalles obtenus alors que le Tableau 6 est consacré aux degrés d'essentialité obtenus pour chaque liens. Le Tableau 7 est basé sur les données du Tableau 6 et présente les hiérarchisations obtenues.

Tableau 5 Intervalles des degrés d'essentialité

Degrés d'essentialité	Objectif 1	Objectif 2	Objectif 3	Objectif 1+2	Objectif 1+2+3
Très Faiblement essentiel	[0;7]	[0;5]	[0;6]	[0,12]	[0;18]
Faiblement essentiel	]7;14]	]5;10]	]6;12]	]12;24]	]18;36]
Essentiel	]14;21]	]10;15]	]12;18]	]24;36]	]36;54]
Fortement essentiel	]21;28]	]15;20]	]18;24]	]36;48]	]54;72]
Très fortement essentiel	]28;35]	]20;25]	]24;30]	]48;60]	]72;90]

Tableau 6 Essentialité des liens selon les objectifs

Liens	Objectif 1	Objectif 2	Objectif 3	Objectif 1+2	Objectif 1+2+3
1	Fortement essentiel	Très fortement essentiel	Fortement essentiel	Fortement essentiel	Fortement essentiel
2	Faiblement essentiel	Fortement essentiel	Fortement essentiel	Essentiel	Essentiel
3	Fortement essentiel	Essentiel	Essentiel	Essentiel	Essentiel
4	Faiblement essentiel	Essentiel	Très fortement essentiel	Faiblement essentiel	Essentiel
5	Faiblement essentiel	Essentiel	Faiblement essentiel	Essentiel	Faiblement essentiel

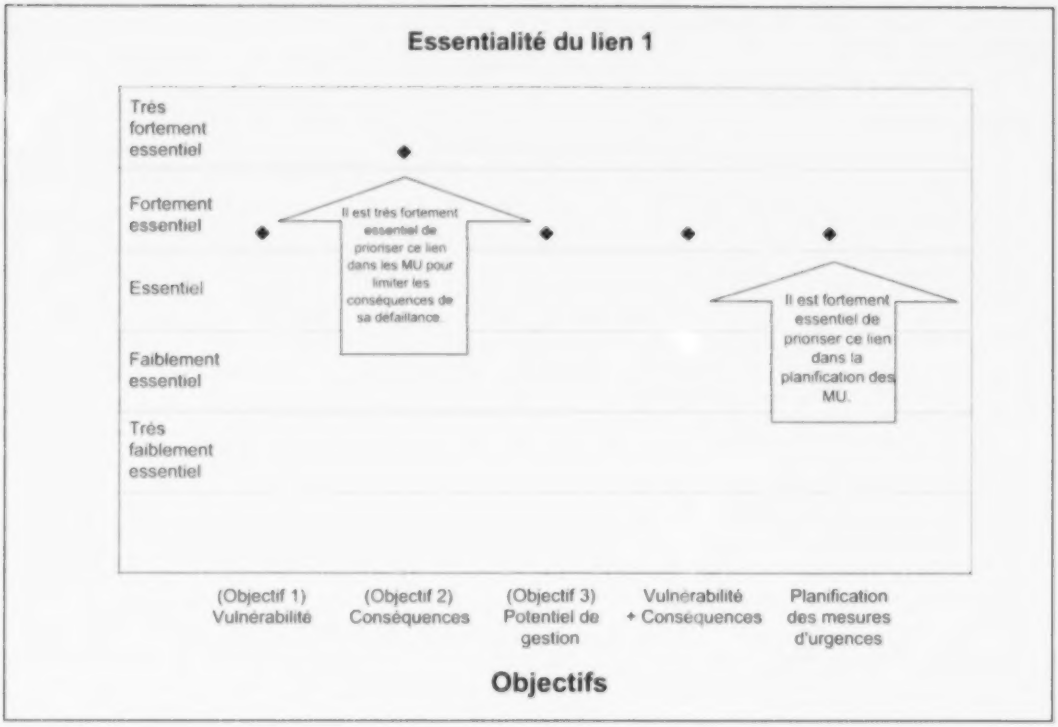
Tableau 7 Hiérarchisation des liens selon les objectifs

Objectif 1	Objectif 2	Objectif 3	Objectif 1+2	Objectif 1+2+3
1, 3	1	4	1	1
	2	1, 2	2, 3, 5	2, 3, 4
2, 4, 5	3, 4, 5	3		
		5	4	5

La première étape dans l'analyse du tableau 6 est de donner un sens aux degrés d'essentialité obtenu par chaque lien. Comme mentionné précédemment, les résultats ne peuvent être interprétés sans regard aux objectifs et les résultats du lien 1 démontrent ce principe. Le résultat obtenu à l'objectif 1 le place dans l'intervalle fortement essentiel. Il ne faut pourtant pas considérer ce résultat comme une valeur absolue mais plutôt se poser cette question; comment ce lien est-il **fortement essentiel** dans l'atteinte de cet objectif?

Puisque l'objectif 1 se rapporte à la vulnérabilité du lien, le résultat signifie donc que pour réduire la vulnérabilité de ce lien, il est **fortement essentiel** d'instaurer des mesures d'atténuation. Pour le deuxième objectif, qui se rapporte aux conséquences de défaillance du lien, le résultat implique qu'il est **très fortement essentiel** de considérer le lien 1 dans les plans d'urgence pour limiter les conséquences impliquées par une défaillance de ce lien. Pour le troisième objectif, qui se rapporte au potentiel opérationnel de gestion des mesures d'urgence, le résultat signifie qu'il est **fortement essentiel** de prioriser ce lien puisque son potentiel opérationnel élevé permettra d'en optimiser la gestion lors de crise. Il est aussi possible de jumeler les résultats des objectifs 1 et 2. Ce résultat peut être significatif pour identifier les liens qui sont vulnérables et dont la défaillance pourraient engendrer des conséquences importantes. Dans cette optique, il sera **fortement essentiel** de prioriser le lien 1. De plus, on peu utiliser les résultats de la valeur totale du lien dans une planification générale des mesures d'urgence. Encore une fois, le résultat ne signifie pas littéralement que le lien 1 est fortement essentiel. Bien qu'il soit fortement essentiel de privilégier ce lien dans la planification et l'implantation de mesures d'urgence, il n'est pas vrai pour autant d'affirmer que ce lien est fortement essentiel en soi. L'essentialité doit toujours être relativisée en rapport avec les objectifs. Cette interprétation des résultats peut être appréciée par la présentation figure suivante:

Figure 1 *Essentialité du lien 1*



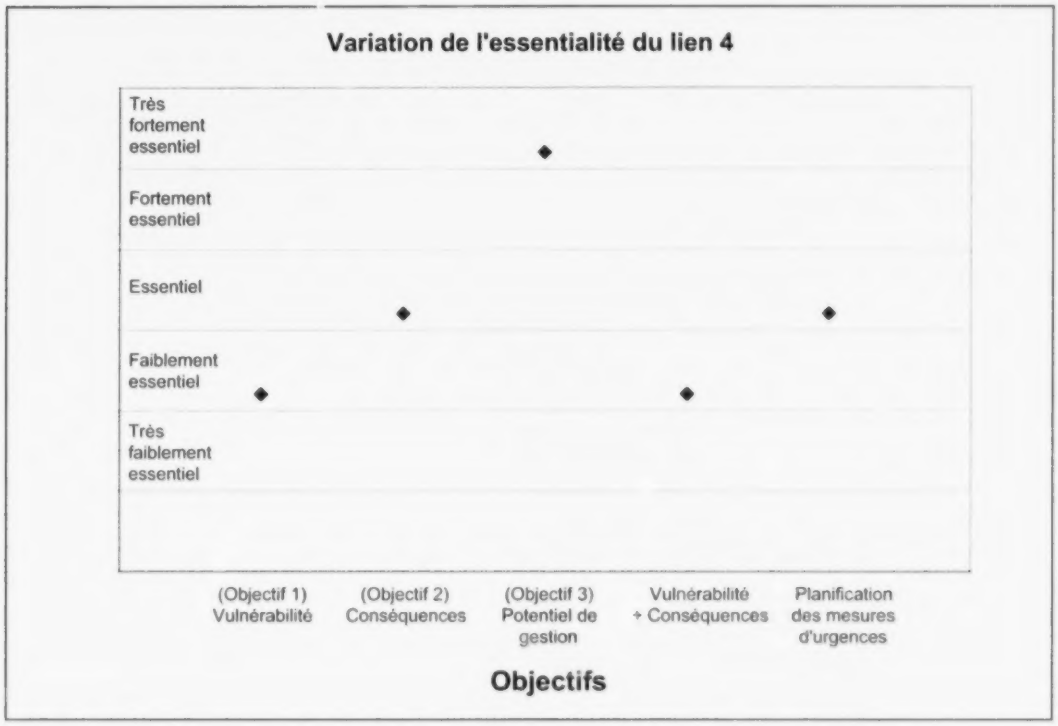
Les résultats présentés au Tableau 6 permettent de hiérarchiser les liens étudiés en considérant un ou plusieurs objectifs. Il est possible de faire l'étude d'un seul lien comme démontré précédemment ou encore de comparer plusieurs liens entre eux pour connaître ceux à prioriser selon les objectifs à atteindre. En observant les résultats obtenus au Tableau 6 pour l'objectif 2, il est possible de conclure que le lien 1 est à privilégier pour réduire les conséquences potentielles lors de défaillance.

Il est à considérer que plus le nombre d'objectifs utilisés est élevé, moins les résultats seront significatifs d'un point de vue opérationnel et le contraire est aussi vrai. C'est à dire qu'une analyse centrée sur un seul d'objectif donnera des résultats qui pourront être plus facilement applicable de manière pratique. Les résultats pourront alors être interprétés comme des indicateurs de la direction à prendre pour atteindre l'objectif visé. Une étude qui combine plusieurs objectifs donnera par contre une vision plus générale qui peut être nécessaire lors d'une planification des mesures d'urgence de grande envergure. Ceci peut-être observé par les hiérarchisations présentées au Tableau 7(voir aussi le graphique 2). En n'étudiant que l'objectif 3, le lien 4 est le premier lien à prioriser. Cependant, en additionnant les objectifs 1 et 2, il semble perdre de son importance. Il est donc primordial de cibler correctement les objectifs à atteindre lors de la hiérarchisation pour éviter «l'oubli» de liens nécessaires à leur réalisation.

6.2.2 Les variations du degré d'essentialité

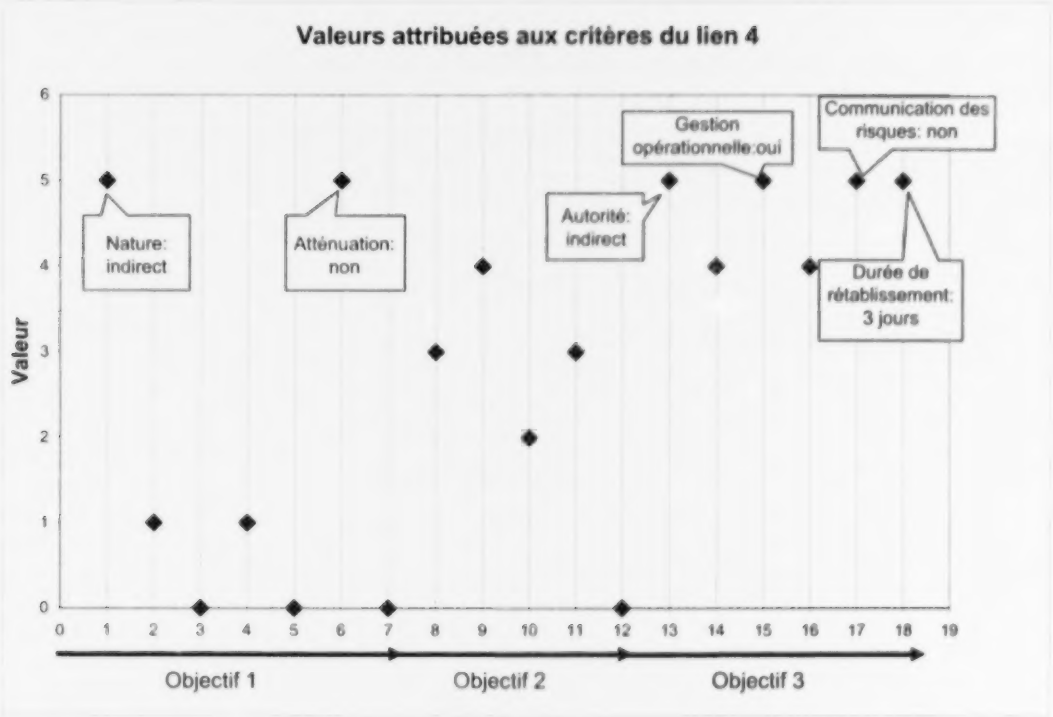
D'après le tableau 6, le degré d'essentialité varie selon les objectifs pour un seul lien. Ceci est explicable par le simple fait que chaque objectif est basé sur des critères différents et met en valeur des données différentes. Le lien 4 est un bon exemple de variation du degré d'essentialité pour expliciter ce principe. Cette variation peut être observée sur le Figure 2.

Figure 2 Variation de l'essentialité du lien 4



Selon les objectifs, son degré d'essentialité varie de faiblement essentiel à très fortement essentiel. Ces variations peuvent être expliquées par les écarts de valeurs ayant été attribué aux critères représentés sur le Figure 3.

Figure 3 Valeurs attribuées aux critères du lien 4



Ces variations peuvent être des indicateurs des forces et des faiblesses du lien. Par exemple, pour l'objectif vulnérabilité, il n'y a que deux critères obtenant le maximum de 5. Puisque les autres critères ont des valeurs basses, on pourrait conclure que le lien 4 est peu vulnérable. C'est pour les critères de l'objectif 3 que le plus grand nombre de valeurs maximales à été attribué. Par exemple, il n'existe pas de système de communication des risques pour aider à la gestion de ce lien potentiel. Ceci est un indicateur d'une faiblesse qui peut être palliée par des actions concrètes. Les variations en essentialité peuvent donc être analysées individuellement selon les besoins des utilisateurs. De par les graphiques présentés précédemment, il est démontré que les résultats obtenus par cette méthode peuvent être représentés sous diverses formes. Cet avantage de la méthode peut être exploité pour faciliter la compréhension des enjeux, particulièrement dans un contexte de travail multidisciplinaire.

6.3 Utilisation de la méthode

Les utilisations de la méthode présentée sont multiples. Elle permet de limiter la subjectivité lors d'activités de hiérarchisation des RSV tout en permettant d'expliquer le cheminement suivi. En présentant les résultats sous des formes graphiques simples, on s'assure d'une meilleure compréhension des enjeux pour tous les intervenants impliqués dans la planification des mesures d'urgences. En uniformisant le traitement des données, il est aussi possible d'améliorer les transferts d'information. Cette méthode est aussi flexible, ce qui permet aux utilisateurs de

l'adapter à leurs besoins. Il est envisageable d'ajouter de nouveaux critères s'ils respectent les exigences énumérées précédemment. Cette méthode peut être considérée comme un outil d'aide à la décision dans la planification des mesures d'urgences. Sans donner de directives précises ou d'actions à prendre, elle fait plutôt la lumière sur les liens à prioriser. Elle peut jouer le rôle d'une boussole pour les gestionnaires lors de la planification des mesures d'urgence en indiquant la direction à suivre pour atteindre les objectifs qu'ils se sont fixés.

7.0 Conclusion

La démarche de hiérarchisation présentée démontre la possibilité de développer une méthodologie d'étude globale de vulnérabilité et de risque visant à réduire les effets domino. Toutefois, ceci n'est possible qu'en respectant les principes directeurs posés dans les chapitres antérieurs visant à réduire la subjectivité et à favoriser l'uniformité et le pragmatisme lors d'activités de hiérarchisation.

Il a été établi que pour arriver à réduire la subjectivité, il faut tout d'abord définir la notion d'essentialité pour que son évaluation se fasse avec rigueur. Un premier pas a été fait dans ce sens en démontrant que l'essentialité est une donnée variable qui doit être relativisée, entre autre en rapport aux objectifs de la hiérarchisation. La définition de l'essentialité devra encore être raffinée si l'objectif est de pouvoir l'appliquer à la hiérarchisation des composantes d'un réseau ou encore aux réseaux entiers. Il est toutefois possible de conclure que son étude et son évaluation devront être poursuivies en utilisant des paramètres tangibles et mesurables dans le but d'assurer la limitation de la subjectivité dans ce processus. Une conception unique et pragmatique de l'essentialité et de son évaluation est nécessaire à l'intégration des données de plusieurs réseaux dans une étude globale des RSV. L'aspect multidisciplinaire qu'implique l'étude des effets domino requiert de limiter la subjectivité pour améliorer les planifications des mesures d'urgences par une hiérarchisation des infrastructures essentielles significative pour tous les intervenants.

Une fois la subjectivité restreinte, il est possible d'arriver à une uniformisation du processus de hiérarchisation. Avant de débuter la hiérarchisation, il faut s'assurer qu'il existe un seul cadre d'étude clairement défini. La définition faite des classes de RSV, bien qu'elle reste à être complétée, sera utile pour appliquer la méthodologie à l'étude plus générale des RSV. L'uniformisation des études de hiérarchisation passe aussi par l'utilisation d'une méthode flexible qui s'adapte autant à des liens, à des composantes qu'à des réseaux de différentes natures. La flexibilité de la méthode développée a été démontrée par les différentes possibilités d'utilisation ainsi que par les modifications qui peuvent être faites par les utilisateurs. Les exigences doivent par contre être respectées dans le choix des critères pour que ceux-ci demeurent tangibles et mesurables. En suivant ces principes, la réduction de la subjectivité et le maintient de l'uniformisation dans le processus sont possibles. Ceci permet également une uniformité dans la représentation des données et des résultats, améliorant ainsi le transfert d'information. L'uniformisation du transfert d'information est d'autant plus importante dans l'optique d'une méthodologie globale. Ceci facilite la participation et la compréhension de tous les intervenants dans une planification des mesures d'urgences qui se doit d'être multidisciplinaire si l'on veut que les actions soient soutenues par une orientation commune.

De par les limites de l'étude, en ressources et en temps, certains aspects non pas étés approfondis. Les travaux qui ont entouré ce projet ont confirmé l'importance d'étudier en profondeur les cyberliens et leurs particularités. Leur présence est de plus en plus fréquente dans tous les types de RSV ce qui implique des conséquences importantes lors de défaillances ou d'actes de malveillance. Aussi, les possibilités de la méthode présentée n'ont pas toutes été explorées. La notion de poids pouvant être attribués aux critères devra être approfondie. Elle doit augmenter la flexibilité de la méthode en permettant à chaque utilisateur de l'adapter à ses besoins tout en

continuant de limiter la subjectivité. Certaines limites, en rapport avec la subjectivité, sont toutefois observées par l'interprétation des résultats présentés au Tableau 7. Ce tableau démontre la tendance de la méthodologie à regrouper ensemble les liens possédant des caractéristiques similaires puisque celle-ci utilise des intervalles. Tout en ne possédant pas la précision d'une échelle numérique, cette façon de faire à l'avantage de donner autant d'importance à des liens qui n'ont eu que un ou deux points d'écart dans leur valeur totale. Les utilisateurs devront par contre faire des choix dans les priorités de traitement et ces choix peuvent laisser place à la subjectivité. Cependant, celle-ci est tout de même limitée par les étapes précédentes et en particulier par une utilisation ou création de critères appuyée sur des exigences rigoureuses. En plus de devoir être prudent dans le choix des critères, les utilisateurs devront aussi faire des sélections dans les liens à étudier. Certaines infrastructures peuvent être desservies par un nombre élevé de liens. Il faudra donc définir des procédures pour effectuer un filtrage et ainsi différencier les liens principaux des liens secondaires. Les études pourront alors être faites sur une échelle réaliste puisqu'il est parfois techniquement impossible d'analyser tous les liens.

Comme mentionné précédemment, la notion d'essentialité doit être mieux définie. Il en va de même pour d'autres concepts liés à la hiérarchisation tels la vulnérabilité ou les classes d'essentialité. Une approche rigoureuse de définition et de terminologie doit donc être entreprise avant même de poursuivre le développement d'une méthodologie de hiérarchisation globale. Il sera alors possible de hiérarchiser les classes de réseaux, les RSV, les infrastructures ou les composantes selon des principes uniques. Bien que cela requiert une étude d'envergure, les avantages qui en découleraient, pour toute la société canadienne, sont nettement visibles. Chaque gestionnaire de réseau aurait alors une connaissance étendue des effets domino entre RSV et des conséquences qu'ils génèrent, tout en améliorant la connaissance de leur propre réseau. L'intégration d'une telle méthodologie dans les études du risque des RSV permettrait de renforcer les mesures d'urgences établies en cas de défaillance interne et externe et d'établir des mécanismes opérationnels de communication de risque et des vulnérabilités entre RSV.

8.0 Bibliographie

Allen H. (1997). «Making a business of dam safety». *International Water Power Dam Construction*, 49(8), p. 20-21.

Bureau de la protection des infrastructures essentielles et de la protection civile. (2001). «Article documentaire – Nouvelle optique pour la gestion des catastrophes au Canada», [en ligne] p.10-14. http://www.ocipep.gc.ca/publicinfo/ep_digest/js_2001/js_2001_fea1_f.html et http://www.ocipep-bpiepc.gc.ca/critical/index_f.html

Can/Csa, (1991). «Risk Analysis Requirement and Guidelines : quality management». *A national standard for Canada*. Conseil canadien des normes, Association canadienne de normalisation, CAN-CSA Q850, Ottawa, 49 p.

Cohen P.R. (1986). *Heuristic reasoning about uncertainty: an artificial intelligence approach*. U.S.A: Pitman publishing inc. 267 p.

Denis H. (1998). *Comprendre et gérer les risques sociotechnologiques majeurs*. Montréal: Éditions de l'École Polytechnique de Montréal, 342 p.

Denis H. (2002). *La réponse aux catastrophes, quand l'impossible survient*. Montréal: Presses Internationales Polytechnique,. 318 p.

Hubbert G., Ledoux B. (1999). *Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations*. Paris: Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 232 p.

Isenberg J. (1991). «Performance of lifeline and emergency response in Watsonville, CA, to Loma Prieta earthquake». *Proceedings of 4th U.S. Workshop Earthquake Disaster Prevention Lifeline System*, p. 381-390.

Lau D.L. et al. (1995). «Performance of lifeline during the 1994 Northridge earthquake». *CJCE*, 22(2), p. 438-451.

Lemperiere F. (1999). «Risk analysis : What sort should be applied and to which dams ?». *International Journal of Hydropower Dams*, 6(4), p. 128-132.

Miller B. (1999). «The great ice storm of January 1998».. *Workshop on Utility Poles*. Gainesville, Florida, U.S.A.

Moses F. (1998). «Probabilistic-based structural specifications». *Risk Analysis*, 18(4), p. 445-454.

NERC (2002a). «The Electricity Sector Response to The Critical Infrastructure Protection Challenge». *Technical report*, North American Electric Reliability Council, May.

NERC (2002b). «Vulnerability and Risk Assessment». *Technical report*, North American Electric Reliability Council, June.

O'Leary S. (1997). «Concrete rehabilitation for dams». *Proceedings of International Conference Hydropower*, p. 1610-1622.

Plate E.J. (1996). «*Dams and safety management at downstream valleys*». Proceedings International NATO Workshop Dams Safety Manage Downstream valley, *p.27-43*.

Peyrat M., Robert B. (1996). «Knowledge quality and risk management; application: environmental management». *11e International Conference, Applications of Artificial Intelligence in Engineering*, Clearwater, Florida, U.S.A, September 11-13.

President's Comission on Critical Infrastructure Protection. (1997). *Infrastructure Protecting Solutions Catalog*, 1997, Washington, 53 p.

President's Comission on Critical Infrastructure Protection. (1998). *Critical Foundations Protecting America's Infrastructures*, 1997, Washington, 46 p.

http://www.info-sec.com/pccip/web/index.html.

Québec (1999). «Pour affronter l'imprévisible : les enseignements du verglas de '98». *Rapport de la commission scientifique et technique chargée d'analyser les événements relatifs à la tempête du verglas survenue du 5 au 9 janvier 1998. Rapport principal.* Québec : Les Publications du Québec.

Robert, B., Gamelin, C., Hausler, R., Jarry, V. (1996). «Training Concept for Environmental Emergency Measurea : Structuring Kknowledge», *Journal of Contingencies and Crisis Management*, vol. 4, no. 3, p. 175-183.

Robert B., Forget S., Hausler R (1998). «New approach for preparedness evaluation for emergency response». *XIV^e congrès mondial de sociologie; Session sur la recherche canadienne en mesures d'urgence*. Montréal, 26 juillet au 1^er août 1998.

Robert B. (2001). «A Method for the Study of Cascading Effects Within Lifeline Networks». *Workshop on Mitigating the Vulnerability of Critical Infrastructures to Catastrophic Failures*. Alexandria (U.S.A), September 10-11. http://www.ari.vt.edu/workshop/

Robert B. (2002a). «Étude des risques et des effets domino produits par la défaillance d'un aménagement hydroélectrique». *Proceedings of Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering*, juin.

Robert, B. (2002b). «A new structural approach for the study of domino effects between life support networks». *The Disaster Risk Management Working Paper Series*. World Bank, sous presses.

Selcuk A.S., Semih Y.M. (1999). «Reliability of lifeline networks under seismic hazard». *Reliability Engineering System Safety*, 65(3), p. 213-227.

SEVESO (2000) «Réglementation sur la directive SEVESO II"». Direction des risques chimiques. Inspection technique de l'administration de la sécurité du travail du Ministère fédéral de l'Emploi et du Travail. Belgique. Janvier. http://meta.fgov.be/pm/pmc/frmc17.htm .

Stedinger, J.R., Heath D.C., Thompson, K. (1996). «Risk Analysis for Dam Safety Evaluation : hydrologic risk». *Institute of Water Resources*, Report No. 96-13-16, 51 p.

White House. (2002) Homeland Security Advisory System Presidential Directive-3, [en ligne] p.1-5.
http://www.whitehouse.gov/news/2002/03/print/20020312-5.html et
http://www.whitehouse.gov/homeland/images/300-HSAS-Chart.jpg.

Annexe A – Grille de caractérisation des liens

Cette annexe présente les caractéristiques de l'ensemble des critères définis dans cette étude, selon une forme standardisée de un critère par page. Le contenu de cette annexe peut donc être utilisé directement pour hiérarchiser des liens.

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Nature

Principe d'essentialité : Vulnerability

Principe d'utilisation: Prioriser les liens les moins facilement identifiables et contrôlés par les réseaux.

Commentaires :

- Les liens indirects sont très vulnérables puisqu'ils ne sont pas clairement identifiés.
- Les cyberliens sont vulnérables car ils peuvent être identifiés mais sont hors contrôle des réseaux.
- Les liens directs sont les moins vulnérables car ils sont connus et contrôlés par les réseaux.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés : Nature

Échelle et loi :

- Il faut prioriser les liens indirects parce qu'ils sont moins identifiés et contrôlés, donc plus vulnérables.

	Nature		
	I	**C**	**D**
Vclien	5	3	1

Abréviations :

Vclien	Valeur du critère pour le lien à l'étude
I	Lien indirect
D	Lien direct
C	Cyberlien

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Corridor géographique

Principe d'essentialité : Vulnérabilité

Principe d'utilisation: Prioriser les liens couvrant une vaste étendue géographique

Commentaires :

- Ce critère s'appliquera surtout pour les liens directs et cyberliens.
- Les liens directs auront probablement une étendue mieux cernée.
- En terme de vulnérabilité, les plus longs sont les plus exposés.
- Les sources de défaillances peuvent varier entre les réseaux destination et origine. La prise en compte de ces variations est souvent négligée.
- Les distances proposées doivent être en relations avec les particularismes régionaux.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Étendue géographique (en km) entre RSVo et RSVd

Échelle et loi :

- Plus le lien est long, plus il est vulnérable.

Corridor géographique r			
	Étendue géographique		
	L ≥ 50 km	**2 km ≤ L > 50 km**	**2 km > L**
Vclien	5	3	1

Abréviations :

Vclien Valeur du critère pour le lien à l'étude
L Longueur du lien (en km)

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Sens

Principe d'essentialité : Vulnérabilité

Principe d'utilisation : Prioriser les liens bidirectionnels.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Sens
- Nature

Échelle et loi :

- Un lien bidirectionnel est plus vulnérable car il affecte deux réseaux.
- Les liens indirects sont automatiquement unidirectionnels – le second lien est ensuite compter.

Sens du lien	**Vclien**
Sens : Bidirectionnel Nature : Direct ou Cyberlien	4
Sens : Unidirectionnel Nature : Direct ou Cyberlien	2
Sens : Unidirectionnel Nature : Indirect	0

Abréviations :

Vclien Valeur du critère pour le lien à l'étude

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Imprégnation

Principe d'essentialité : Vulnérabilité

Principe d'utilisation: Privilégier des liens liés au fonctionnement opérationnel du réseau car ils sont plus vulnérables à la malveillance et aux erreurs humaines.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Nature des composantes touchées du RSVo
- Nature des composantes touchées du RSVd

Échelle et loi :

- Plus un lien affecte une opération, plus il est vulnérable et difficile à étudier puisqu'il intervient au niveau de la fiabilité humaine.

Imprégnation		
RSVo	**RSVd**	**Vclien**
O	O	5
O	I	3
I	O	3
I	I	1

Abréviations :

RSVo	Réseau de support à la vie origine
RSVd	Réseau de support à la vie destination
Vclien	Valeur du lien pour le critère
O	Composante de type opération
I	Composante de type infrastructure

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Protection en situation normale

Principe d'essentialité : Vulnérabilité

Principe d'utilisation : Privilégier les liens non protégés.

Commentaires :

- Les cyberliens seront privilégiés puisqu'ils sont plus vulnérables à des actes de malveillance et aux erreurs humaines.
- Les liens indirects ont automatiquement une valeur de zéro puisqu'ils n'existent pas en situation normale.
- Une information inaccessible est considérée comme potentiellement manquante.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Nature
- Présence de protection courante

Échelle et loi :

- Les cyberliens les moins protégés sont les plus vulnérables.

Protection normale		
Protection	**Nature**	**Vclien**
Oui	D	1
	C	2
Non	D	3
	C	5
Non disponible	D	2
	C	4
	I	0

Abréviations :

Vclien	Valeur du critère pour le lien à l'étude
I	Lien indirect
D	Lien direct
C	Cyberlien

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Atténuation

Principe d'essentialité : Vulnérabilité

Principe d'utilisation : Privilégier les liens qui ne bénéficient pas de mesures de protection dans le cas de la gestion de situations exceptionnelles.

Commentaires :

- Il faut privilégier les liens indirects puisqu'ils découlent et engendrent des situations exceptionnelles.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Nature
- Présence de protection en situation exceptionnelle

Échelle et loi :

- Moins un lien est protégé plus il est vulnérable. Les liens indirects sont privilégiés.

Protection exceptionnelle		
	Nature	**Vclien**
Oui	D or C	1
	I	2
Non	D or C	3
	I	5
Non disponible	D or C	2
	I	4

Abréviations :

Vclien	Valeur du critère pour le lien à l'étude
I	Lien indirect
D	Lien direct
C	Cyberlien

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Vulnérabilités associées

Principe d'essentialité : Vulnérabilité

Principe d'utilisation : Prioriser les liens qui sont davantage vulnérables à des erreurs de fiabilité humaine ou de malveillance.

Commentaires :

- Il faut privilégier les liens indirects puisqu'ils découlent et engendrent des situations exceptionnelles.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Les cyberliens sont davantage vulnérables puisqu'ils touchent davantage les opérations.
- Dans le cas des liens bidirectionnels, le réseau origine devient un nouveau réseau destination.

Échelle et loi :

- Les cyberliens sont plus vulnérables.
- Les opérations touchées représentent des sources de vulnérabilité plus grandes.

Vclien selon les vulnérabilités associées							
RSVo	**RSVd**	**Nature**					
		Lien Direct		**Cyberlien**		**Lien Indirect**	
		Uni	**Bi**	**Uni**	**Bi**	**Uni**	**Bi**
I	I	1	1	2	2	0	0
I	O	3	3	4	4	1	1
O	I	2	3	3	4	1	1
O	O	4	4	5	5	2	2

Abréviations :

Vclien	Valeur du critère pour le lien à l'étude
I	Infrastructure
O	Opération
RSVo	Réseau de support à la vie origine
RSVd	Réseau de support à la vie destination
Uni	Sens du lien: unidirectionnel
Bi	Sens du lien: bidirectionnel

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Classes de réseaux

Principe d'essentialité : Conséquences

Principe d'utilisation : Prioriser les liens reliant des classes de réseaux particulières.

Commentaires :

- Ce critère se veut une suite à la hiérarchisation des classes de réseaux en terme de conséquences.
- Il faudra déterminer quelle est la classe de réseaux de support à la vie est la plus importante selon les objectifs de l'étude.
- Les données actuelles ne permettent pas de procéder à cette hiérarchisation des classes. Les valeurs concernant les classes de réseaux sont encore à valider.
- Éventuellement, les classes de RSV maillées seront à privilégier.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Réseau origine
- Réseau destination
- Déterminer la classe des RSV origine et destination

Valeur de la classe d'un RSV				
A	**B**	**C**	**D**	**E**
3	3	3	3	3

Équation :

$$Vclien : \frac{ValRo + ValRd}{2}$$

- Arrondi à l'unité près.

Abréviations :

Vclien	Valeur du critère pour le lien à l'étude
ValRo	Valeur de la classe du réseau de support à la vie d'origine
ValRd	Valeur de la classe du réseau de support à la vie de destination

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Essentialité des composantes touchées

Principe d'essentialité : Conséquences

Principe d'utilisation : Prioriser les liens qui touchent des composantes essentielles ou accessoires.

Commentaires:

- Une définition de l'essentialité sera établie.
- L'essentialité des composantes est ensuite déterminée par les gestionnaires de réseaux.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Essentialité des composantes du RSVo
- Essentialité des composantes du RSVd

Échelle et loi :

- Les composantes les plus essentielles engendreront le plus de conséquences.
- Déterminer l'essentialité de la composante touchée au RSVo et RSVd

Échelle d'essentialité des composantes :

Composante faiblement essentielle	**1**
Composante faiblement essentielle	**2**
Composante essentielle	**3**
Composante fortement essentielle	**4**
Composante très fortement essentielle	**5**

Equation:

$$Vclink = \frac{VcompO + VcompD}{2}$$

- Arrondi à l'unité près.

Abréviations :

Vclien	Valeur du critère pour le lien à l'étude
VcompO	Valeur d'essentialité de la composante O
VcompD	Valeur d'essentialité de la composante D

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Efficience des réseaux

Principe d'essentialité : Conséquences

Principe d'utilisation : Privilégier les liens ayant le plus de conséquences sur le fonctionnement des réseaux, donc les liens présentant la plus importante variation d'efficience des réseaux

Commentaires:

- Les valeurs de diminution d'efficience sont exprimées en pourcentage.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Sens du lien
- Diminution de l'efficience (DE) du RSVo / Diminution de l'efficience (DE) du RSVd

Échelle et loi :

- Plus l'efficience du réseau diminue, plus les conséquences potentielles sur le réseau augmentent.

1. Déterminer le sens du lien.
2. Calculer la diminution d'efficience origine et/ou destination.
3. Ramener le résultat sur une échelle de 5.
4. Arrondir le résultat à l'unité près.

Équation si le lien est unidirectionnel:

$$Vclien = \left(\frac{DERSVd(\%)}{100} \right) * 5$$

Équation si le lien est Bidirectionnel:

$$Vclien = \left(\frac{DERSVo(\%) + DERSVd(\%)}{200} \right) * 5$$

Abréviations :

Vclien	Valeur du critère pour le lien à l'étude
DE RSVo	Diminution d'efficience du RSV origine
DE RSVd	Diminution d'efficience du RSV destination

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Effets domino potentiels

Principe d'essentialité : Conséquences

Principe d'utilisation : Prioriser les liens dont la défaillance ou la création génère des effets dominos.

Commentaires:

- Les études de conséquences déterminent le nombre de réseaux connectés à un lien.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Nombre des réseaux connectés à la composante o (NRCo - incluant le lien à l'étude)
- Nombre de réseaux connectés à la composante d (NRCd - incluant le lien à l'étude)

Échelle et loi :

- Plus le lien génère d'effets domino, plus il sera considéré vulnérable.
- Déterminer le sens du lien.

Équation si le lien est unidirectionnel:
$SED = NRCo$

Équation si le lien est Bidirectionnel:
$SED = (NRCo + NRCd)$

SDE	Vclien
0	0
1	2
2	3
3	4
>3	5

Abréviations :

Vclien	Valeur du critère pour le lien à l'étude
NRCo	Nombre de réseaux connectés à la composante origine
NRCd	Nombre de réseaux connectés à la composante destination
SED	Somme des effets dominos

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Alternative

Principe d'essentialité : Conséquences

Principe d'utilisation : Prioriser les liens qui n'ont pas d'alternative

Principe d'application :

- Ce critère ne s'applique pas aux liens indirects puisqu'ils ne peuvent avoir d'alternative.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Présence d'une alternative à ce lien.

Échelle et loi :

- Moins le lien dispose d'alternative, plus les conséquences potentielles sont élevées
- Déterminer si le lien dispose d'une alternative.

Alternative			
Alternative	Oui	Non	N.d.
Vclien	1	5	3
Lien indirect	Inapplicable = 0		

Abréviations :

Vclien	Valeur du critère pour le lien à l'étude
N.d.	Non disponible

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Autorité

Principe d'essentialité : Gestion et mesures d'urgence

Principe d'utilisation : Prioriser les liens qui n'ont pas de responsabilité fixe.

Commentaires:

- Les types de responsabilité devront être adaptés en fonction de la localisation géographique des RSV.
- Les cyberliens sont d'abord priorisés puisque la responsabilité de ces réseaux est souvent différente des responsabilités des RSV. La gestion des mesures d'urgence implique alors plusieurs acteurs.
- Les liens indirects sont ensuite priorisés puisque la perte de contrôle de la substance implique une difficulté supplémentaire.
- Les liens directs seront traités en dernier parce qu'ils sont les mieux identifiés et contrôlés.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Nature du lien

Autorité			
	Nature		
	I	**C**	**D**
Vclien	5	5	1

Abréviations :

Vclien	Valeur du critère pour le lien à l'étude
I	Liens Indirects
D	Liens directs
C	Cyberliens

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Préparation

Principe d'essentialité : Gestion et mesures d'urgence

Principe d'utilisation : Prioriser les liens qui n'ont pas de mesure d'urgence ni d'exercice

Commentaires :

- Lorsqu'un lien est bénéficiaire d'exercices, il est entendu qu'ils impliquent les réseaux origine et destination.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- L'importance accordée au lien en cas de mesures d'urgence dans le RSVo (IMUO)
- L'importance accordée au lien en cas de mesures d'urgence dans le RSVd (IMUD)
- L'importance accordée au lien lors d'exercices préparatoires (IEP)

Échelle et loi :

- Une information non disponible = non.
- RSVo
  1. Le lien est inclus dans les mesures d'urgence (oui/non)
  2. Le lien a été l'objet d'exercices (oui/non)
- RSVd
  - Répéter les étapes 1 et 2.

Préparation			
MU		**IEP**	**Vclien**
IMUO	**IMUD**		
Non	Non	Oui	4
		Non	5
Oui	Non	Oui	3
		Non	4
Non	Oui	Oui	3
		Non	4
Oui	Oui	Oui	1
		Non	2

Abréviations :

RSVo	Réseau de support à la vie origine
RSVd	Réseau de support à la vie destination
MU	Mesures d'urgence
IEP	Importance accordée aux exercices préparatoires
IMUO	Importance accordée aux mesures d'urgence dans les RSVo
IMUD	Importance accordée aux mesures d'urgence dans les RSVd

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Communication des risques

Principe d'essentialité : Gestion et mesures d'urgence

Principe d'utilisation : Prioriser les liens qui n'ont pas d'alternative

Principe d'application :

- Prioriser des liens qui ne bénéficient pas de mesures de communication.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Existence d'une structure de communication des risques à propos du lien.

Échelle et loi :

- Les liens qui n'ont pas de système de communication établi par les réseaux sont plus vulnérables puisque l'information ne pourra pas être communiquée en cas de besoin.

	Communication des risques		
Structure de communication	Oui	Non	N.d.
Vclien	0	5	4

Abréviations :

Vclien Valeur du critère pour le lien à l'étude
N.d. Non disponible

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Temps de réaction du lien

Principe d'essentialité : Gestion et mesures d'urgence

Principe d'utilisation : Privilégier les liens dont le temps de construction permet un temps de réaction.

Principe d'application : Ce critère ne s'applique qu'au lien indirect.

Commentaires :

- Le temps de construction du lien, ou le temps qu'il met à se développer est établi par simulation ou expertise.
- Ce temps de construction est associé à un temps de réaction permettant aux gestionnaires de réagir efficacement à la construction de ce lien.
- L'échelle sera déterminée en fonction de durées variables.
- Les liens, où le temps de construction est plus court que le temps de gestion, sont plus vulnérables mais ils ne peuvent être privilégiés puisque la réaction peut être moins complète.

Paramètres utilisés :

- Temps de réaction du lien

Temps de réaction				
Temps	**Court** (secondes)	**Moyen** (minutes)	**Long** (heures)	**Inapplicable**
Vclien	2	4	5	0

Abréviations :

Vclien Valeur du critère pour le lien à l'étude
N.d. Non disponible

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Gestion opérationnelle

Principe d'essentialité Gestion et mesures d'urgence

Principe d'utilisation: Privilégier les liens qui disposent d'un temps de gestion opérationnelle.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Temps de gestion opérationnelle

Échelle et loi :

- Les liens ou le temps de gestion opérationnelle est plus long sont à privilégier.

	Temps de gestion opérationnelle		
Temps	**Oui**	**Non**	**N.d.**
Vclien	5	1	3

Abréviations :

Vclien Valeur du critère pour le lien à l'étude
N.d. Non disponible

Grille d'évaluation d'un critère

Nom du critère : Durée de rétablissement

Principe d'essentialité : Gestion et mesures d'urgence

Principe d'utilisation : Prioriser les liens présentant une longue durée de rétablissement puisqu'ils seront plus difficiles à gérer.

Commentaires :

- Le temps de rétablissement est le temps nécessaire à la réparation du lien dans le cas des liens directs et des cyberliens.
- Le temps de rétablissement des les liens indirects est caractérisé par le temps nécessaire afin que le RSVo contrôle la matière véhiculée par le lien. C'est alors que les activités de retour à la normale peuvent commencer.
- Une échelle sera bâtie en fonction de durées variables.

Poids du critère dans les calculs de hiérarchisation : 1

Paramètres utilisés :

- Durée de rétablissement

Échelle et loi :

- Les liens qui ont un temps de rétablissement le plus long engendreront les plus importantes difficultés en terme de mesures d'urgence, ils sont donc à traiter en priorité.

	Durée de rétablissement		
Temps	**Court** (minutes)	**Moyen** (heures)	**Long** (jours)
Vclien	2	4	5

Abréviations :

Vclien Valeur du critère pour le lien à l'étude

Annexe B – Paramétrisation des liens

Fiche descriptive d'un lien		
Nom		
Description		
Contexte		
Paramètre	**Valeur possible**	**Valeur retenue**
Nature	Indirect / Direct / Cyberlien	
Étendue du lien	Longueur en km	
Sens	Unidirectionnel / Bidirectionnel	
Nature des composantes RSVo	Opérationnelle / Infrastructure	
Nature des composantes RSVd	Opérationnelle / Infrastructure	
Protection courante	Oui / Non / Non disponible	
Protection exceptionnelle	Oui / Non / Non disponible	
Classe du réseau RSVo	A/B/C/D/E	
Classe du réseau RSVd	A/B/C/D/E	
Essentialité composante RSVo	Très fortement essentielle / Fortement essentielle / Essentielle / Faiblement essentielle / Très faiblement essentielle	
Essentialité composante RSVd	Très fortement essentielle / Fortement essentielle / Essentielle / Faiblement essentielle / Très faiblement essentielle	
Diminution efficience RSVo	%	
Diminution efficience RSVd	%	
Nombre de réseaux connectés à l'origine (NRCO)	Chiffre supérieur ou égal à 0	
Nombre de réseaux connectés à la destination (NRCD)	Chiffre supérieur ou égal à 0	
Présence d'une alternative	Oui / Non / Non disponible	
Importance des mesures d'urgence à l'origine (IMUO)	Oui / Non / Non disponible	
Importance des mesures d'urgence à la destination (IMUD)	Oui / Non / Non disponible	
Importance aux exercices préparatoires (IEP)	Oui / Non / Non disponible	
Structure de communication	Oui / Non / Non disponible	
Temps de réaction	Durée en minute / heure / jour / Inapplicable	
Temps de gestion opérationnelle	Oui / Non / Non disponible	
Durée de rétablissement	Durée en minute / heure / jour	

Fiche descriptive d'un lien		
Nom	Lien 1	
Description	Lien de téléphonie assurant le transfert d'information entre les services de pompier et de police d'une municipalité	
Contexte	Il est difficile d'opérer un contrôle sur ce lien puisqu'il est manipulé par deux autorités indépendantes. Son maintien est primordial pour la sécurité de la population car il assure la coordination des différentes équipes de secours et de sécurité publique.	
Paramètre	**Valeur possible**	**Valeur retenue**
Nature	Indirect / Direct / Cyberlien	Cyberlien
Étendue du lien	Longueur en km	0, 5
Sens	Unidirectionnel / Bidirectionnel	Bidirectionnel
Nature des composantes RSVo	Opérationnelle / Infrastructure	O
Nature des composantes RSVd	Opérationnelle / Infrastructure	O
Protection courante	Oui / Non / Non disponible	Non
Protection exceptionnelle	Oui / Non / Non disponible	Oui
Classe du réseau RSVo	A/B/C/D/E	E
Classe du réseau RSVd	A/B/C/D/E	E
Essentialité composante RSVo	Très fortement essentielle Fortement essentielle Essentielle Faiblement essentielle Très faiblement essentielle	Très fortement essentielle
Essentialité composante RSVd	Très fortement essentielle Fortement essentielle Essentielle Faiblement essentielle Très faiblement essentielle	Très fortement essentielle
Diminution efficience RSVo	%	90
Diminution efficience RSVd	%	70
Nombre de réseaux connectés à l'origine (NRCO)	Chiffre supérieur ou égal à 0	2
Nombre de réseaux connectés à la destination (NRCD)	Chiffre supérieur ou égal à 0	2
Présence d'une alternative	Oui/Non/Non disponible/Inapplicable	Non
Importance des mesures d'urgence à l'origine (IMUO)	Oui / Non / Non disponible	N.d.
Importance des mesures d'urgence à la destination (IMUD)	Oui / Non / Non disponible	N.d.
Importance aux exercices préparatoires (IEP)	Oui / Non / Non disponible	N.d.
Structure de communication	Oui / Non / Non disponible	Non
Temps de réaction	Durée en minute / heure / jour / Inapplicable	Inapplicable
Temps de gestion opérationnelle	Oui / Non / Non disponible	Non
Durée de rétablissement	Durée en minute / heure / jour	2 heures

Fiche descriptive d'un lien		
Nom	Lien 2	
Description	Lien entre le câble de distribution électrique et la station d'épuration des eaux	
Contexte	Ce lien d'alimentation électrique assure le service de la station d'épuration desservant une ville entière. La station, à l'équipement vieillissant, fait face à des problèmes particuliers en rapport avec le nombre élevé de clients à desservir. Des génératrices sont disponibles, mais en quantité insuffisante afin de représenter une solution, même à moyen terme.	
Paramètre	**Valeur possible**	**Valeur retenue**
Nature	Indirect / Direct / Cyberlien	Direct
Étendue du lien	Longueur en km	3
Sens	Unidirectionnel / Bidirectionnel	Unidirectionnel
Nature des composantes RSVo	Opérationnelle / Infrastructure	I
Nature des composantes RSVd	Opérationnelle / Infrastructure	I
Protection courante	Oui / Non / Non disponible	Non
Protection exceptionnelle	Oui / Non / Non disponible	Oui
Classe du réseau RSVo	A/B/C/D/E	A
Classe du réseau RSVd	A/B/C/D/E	C
Essentialité composante RSVo	Très fortement essentielle Fortement essentielle Essentielle Faiblement essentielle Très faiblement essentielle	Faiblement essentielle
Essentialité composante RSVd	Très fortement essentielle Fortement essentielle Essentielle Faiblement essentielle Très faiblement essentielle	Très fortement essentielle
Diminution efficience RSVo	%	20
Diminution efficience RSVd	%	80
Nombre de réseaux connectés à l'origine (NRCO)	Chiffre supérieur ou égal à 0	1
Nombre de réseaux connectés à la destination (NRCD)	Chiffre supérieur ou égal à 0	1
Présence d'une alternative	Oui/Non/Non disponible/Inapplicable	Non
Importance des mesures d'urgence à l'origine (IMUO)	Oui / Non / Non disponible	Non
Importance des mesures d'urgence à la destination (IMUD)	Oui / Non / Non disponible	Oui
Importance aux exercices préparatoires (IEP)	Oui / Non / Non disponible	Non
Structure de communication	Oui / Non / Non disponible	N.d.
Temps de réaction	Durée en minute / heure / jour / Inapplicable	Inapplicable
Temps de gestion opérationnelle	Oui / Non / Non disponible	Oui
Durée de rétablissement	Durée en minute / heure / jour	2 jours

Fiche descriptive d'un lien		
Nom	Lien 3	
Description	Cyberlien entre le réseau informatique et les installations de production électrique	
Contexte	Ce cyberlien permet l'automatisation du contrôle du volume et de la qualité des réservoirs de production électrique en relevant régulièrement le niveau d'eau. Sa défaillance pourrait mener à des inondations ou à priver la communauté d'eau potable. De plus, la malveillance pourrait jouer un rôle important puisque les cyberliens sont plus vulnérables à cet aléa potentiel.	
Paramètre	**Valeur possible**	**Valeur retenue**
Nature	Indirect / Direct / Cyberlien	Cyberlien
Étendue du lien	Longueur en km	2
Sens	Unidirectionnel / Bidirectionnel	Unidirectionnel
Nature des composantes RSVo	Opérationnelle / Infrastructure	O
Nature des composantes RSVd	Opérationnelle / Infrastructure	O
Protection courante	Oui / Non / Non disponible	Non
Protection exceptionnelle	Oui / Non / Non disponible	Oui
Classe du réseau RSVo	A/B/C/D/E	A
Classe du réseau RSVd	A/B/C/D/E	C
Essentialité composante RSVo	Très fortement essentielle Fortement essentielle Essentielle Faiblement essentielle Très faiblement essentielle	Très faiblement essentielle
Essentialité composante RSVd	Très fortement essentielle Fortement essentielle Essentielle Faiblement essentielle Très faiblement essentielle	Très fortement essentielle
Diminution efficience RSVo	%	10
Diminution efficience RSVd	%	50
Nombre de réseaux connectés à l'origine (NRCO)	Chiffre supérieur ou égal à 0	0
Nombre de réseaux connectés à la destination (NRCD)	Chiffre supérieur ou égal à 0	1
Présence d'une alternative	Oui/Non/Non disponible/Inapplicable	Oui
Importance des mesures d'urgence à l'origine (IMUO)	Oui / Non / Non disponible	Non
Importance des mesures d'urgence à la destination (IMUD)	Oui / Non / Non disponible	Non
Importance aux exercices préparatoires (IEP)	Oui / Non / Non disponible	Non
Structure de communication	Oui / Non / Non disponible	Oui
Temps de réaction	Durée en minute / heure / jour / Inapplicable	Inapplicable
Temps de gestion opérationnelle	Oui / Non / Non disponible	Oui
Durée de rétablissement	Durée en minute / heure / jour	Minute

Fiche descriptive d'un lien			
Nom	Lien 4		
Description	Lien entre les oléoducs de gaz et les conduites d 'eau		
Contexte	Ce lien indirect est difficile à évaluer. En effet, à plusieurs endroits, les conduites d'eau et de gaz se croisent et cohabitent. Il arrive que des fuites d'un réseau puissent en influencer un deuxième par effets domino. Pour ce lien, il est important que le gaz n'atteigne pas les conduites d'eau, ce qui priverait d'eau potable une importante partie de la population de la région.		
Paramètre		**Valeur possible**	**Valeur retenue**
Nature		Indirect / Direct / Cyberlien	Indirect
Étendue du lien		Longueur en km	0.005
Sens		Unidirectionnel / Bidirectionnel	Unidirectionnel
Nature des composantes RSVo		Opérationnelle / Infrastructure	I
Nature des composantes RSVd		Opérationnelle / Infrastructure	I
Protection courante		Oui / Non / Non disponible	N.d.
Protection exceptionnelle		Oui / Non / Non disponible	Non
Classe du réseau RSVo		A/B/C/D/E	B
Classe du réseau RSVd		A/B/C/D/E	C
Essentialité composante RSVo		Très fortement essentielle Fortement essentielle Essentielle Faiblement essentielle Très faiblement essentielle	Fortement essentielle
Essentialité composante RSVd		Très fortement essentielle Fortement essentielle Essentielle Faiblement essentielle Très faiblement essentielle	Fortement essentielle
Diminution efficience RSVo		%	60
Diminution efficience RSVd		%	5
Nombre de réseaux connectés à l'origine (NRCO)		Chiffre supérieur ou égal à 0	1
Nombre de réseaux connectés à la destination (NRCD)		Chiffre supérieur ou égal à 0	1
Présence d'une alternative		Oui/Non/Non disponible/Inapplicable	Inapplicable
Importance des mesures d'urgence à l'origine (IMUO)		Oui / Non / Non disponible	N.d.
Importance des mesures d'urgence à la destination (IMUD)		Oui / Non / Non disponible	Oui
Importance aux exercices préparatoires (IEP)		Oui / Non / Non disponible	Non
Structure de communication		Oui / Non / Non disponible	Non
Temps de réaction		Durée en minute / heure / jour / Inapplicable	4 minutes
Temps de gestion opérationnelle		Oui / Non / Non disponible	Oui
Durée de rétablissement		Durée en minute / heure / jour	3 jours

Fiche descriptive d'un lien			
Nom	Lien 5		
Description	Lien reliant le réseau de distribution électrique au réseau de métro		
Contexte	Ce lien assure le transport des personnes de façon sécuritaire. Sa défaillance empêcherait les travailleurs de participer de façon normale aux activités socio-économiques.		
Paramètre		**Valeur possible**	**Valeur retenue**
Nature		Indirect / Direct / Cyberlien	Direct
Étendue du lien		Longueur en km	15 km
Sens		Unidirectionnel / Bidirectionnel	Unidirectionnel
Nature des composantes RSVo		Opérationnelle / Infrastructure	I
Nature des composantes RSVd		Opérationnelle / Infrastructure	I
Protection courante		Oui / Non / Non disponible	Oui
Protection exceptionnelle		Oui / Non / Non disponible	Oui
Classe du réseau RSVo		A/B/C/D/E	A
Classe du réseau RSVd		A/B/C/D/E	A
Essentialité composante RSVo		Très fortement essentielle Fortement essentielle Essentielle Faiblement essentielle Très faiblement essentielle	Faiblement essentielle
Essentialité composante RSVd		Très fortement essentielle Fortement essentielle Essentielle Faiblement essentielle Très faiblement essentielle	Très fortement essentielle
Diminution efficience RSVo		%	5
Diminution efficience RSVd		%	95
Nombre de réseaux connectés à l'origine (NRCO)		Chiffre supérieur ou égal à 0	0
Nombre de réseaux connectés à la destination (NRCD)		Chiffre supérieur ou égal à 0	0
Présence d'une alternative		Oui/Non/Non disponible/Inapplicable	Non
Importance des mesures d'urgence à l'origine (IMUO)		Oui / Non / Non disponible	Non
Importance des mesures d'urgence à la destination (IMUD)		Oui / Non / Non disponible	Oui
Importance aux exercices préparatoires (IEP)		Oui / Non / Non disponible	Oui
Structure de communication		Oui / Non / Non disponible	Oui
Temps de réaction		Durée en minute / heure / jour / Inapplicable	Inapplicable
Temps de gestion opérationnelle		Oui / Non / Non disponible	Non
Durée de rétablissement		Durée en minute / heure / jour	2 heures

Annexe C – Validation

La méthodologie à suivre afin de déterminer la valeur de chaque critère (Vc*lien)* et la valeur totale du lien (Vt*lien*) est explicitée ci-après. Le lien 1 servira d'exemple afin d'illustrer les étapes de la méthodologie:

1. Calcul de la valeur de chaque critères;
2. Calcul de la valeur totale du lien;
3. Calcul de la valeur maximale du lien;
4. Définition des bornes d'intervalles des degrés d'essentialité.

1. Calcul de la valeur de chaque critère

Critère 1
Nom : Nature
Paramètre : Nature = Le lien 1 est un cyberlien.
Valeur du critère : Comme le lien 1 est un cyberlien, alors Vclien 1 = 3.

Critère 2
Nom : Corridor géographique
Paramètre : Étendue géographique = Le lien 1 est long de 0,5 km.
Valeur du critère : Comme le lien 1 est < 2 km, alors Vclien.

Critère 3
Nom : Direction
Paramètres : Sens = Le lien 1 est bidirectionnel.
Nature = Le lien 1 est un cyberlien.
Valeur du critère : Comme le lien 1 est un cyberlien et qu'il est bidirectionnel, alors Vclien 3 = 4.

Critère 4
Nom : Imprégnation
Paramètres : La nature des composantes touchées à l'origine est opérationnelle.
La nature des composantes touchées à la destination est opérationnelle.
Valeur du critère : Comme le lien 1 touche à des composantes opérationnelles à l'origine et à la destination, alors Vclien 4 = 5.

Critère 5
Nom : Protection en situation normale
Paramètres : Nature = Le lien 1 est un cyberlien.
Présence de protection courante = le lien ne dispose pas de mesure de protection.
Valeur du critère : Comme le lien 1 est un cyberlien et qu'il ne dispose pas de mesure de protection en situation courante, alors Vclien 5 = 5.

Critère 6
Nom : Atténuation
Paramètres : Nature = Le lien 1 est un cyberlien.
Présence de protection exceptionnelle = Oui
Valeur du critère : Comme le lien 1 est un cyberlien et qu'il dispose de moyens de protection exceptionnelle, alors Vclien 6 = 1.

Critère 7
Nom : Vulnérabilités associées
Paramètres : Nature = Le lien 1 est un cyberlien.
La nature des composantes touchées au RSVo = opérationnelles.
La nature des composantes touchées au RSVd = opérationnelles.
Le sens du lien 1 est bidirectionnel.
Valeur du critère : Comme le lien 5 est un cyberlien bidirectionnel et que les composantes touchées au RSVo et RSVd sont opérationnelles, alors Vclien 7 = 5.

Critère 8
Nom : Classe de réseaux
Paramètres : La classe du RSVo = sécurité publique
La classe du RSVd = sécurité publique
Valeur du critère : Comme le lien 1 touche deux RSV de la classe 5, alors Vclien 8 = 3.

Critère 9
Nom : Essentialité des composantes touchées
Paramètres : Essentialité des composantes touchées au RSVo = très fortement essentielle.
Essentialité des composantes touchées au RSVd = très fortement essentielle.
Valeur du critère : Comme le lien 1 touche deux composantes fortement essentielles, alors Vclien 9 = 5.

Critère 10
Nom : Efficience des réseaux
Paramètres : Sens du lien = bidirectionnel
Diminution d'efficience (DE) au RSV origine = 90 %
Diminution d'efficience (DE) au RSV destination = 70 %
Valeur du critère : Comme le lien 1 est bidirectionnel et que la différence d'efficience du RSVo est de 90% et la différence d'efficience du RSVd est de 70 %, alors Vclien 10 = [((90+70)/200)*5] = 4.

Critère 11
Nom : Effets domino potentiels
Paramètres : Sens du lien = bidirectionnel
Nombre de réseaux connectés à l'origine (NRCo) = 2
Nombre de réseaux connectés à la destination (NRCd) = 2
Valeur du critère : Comme le lien 1 est bidirectionnel et que NRCo + NRCd = 4, alors Vclien 11 = 5.

Critère 12
Nom : Alternative
Paramètres : Présence d'une alternative = non
Valeur du critère : Comme le lien 1 ne dispose pas d'une alternative, alors Vclien 12 = 5.

Critère 13
Nom : Autorité
Paramètres : Nature = Le lien 1 est un cyberlien.
Valeur du critère : Comme le lien 1 est un cyberlien, alors Vclien 13 = 5.

Critère 14
Nom : Préparation
Paramètres : Importance accordée aux mesures d'urgence au RSVo (IMUo) = non
Importance accordée aux mesures d'urgence au RSVd (IMUd) =non
Importance accordée aux exercices préparatoires (IEP) =non
Valeur du critère : Comme on ne peut déterminer si le lien 5 est protégé en IMUO, IMUD ou IEP, alors Vclien 14 = 5.

Critère 15
Nom : Communication des risques
Paramètre : Existence d'une de communication à propos du lien 1 = non
Valeur du critère : Comme le lien 5 ne dispose pas d'une structure de communication, alors Vclien 15 = 5.

Critère 16
Nom : Temps de réaction
Paramètre : Temps de réaction = pas applicable puisque le lien 1 est un cyberlien.
Valeur du critère : Comme ce critère n'est pas applicable aux cyberliens alors Vclien 16 = 0.

Critère 17
Nom : Gestion opérationnelle
Paramètre : Temps de gestion opérationnelle du lien 1= nul
Valeur du critère : Comme le lien 1 ne dispose pas de temps de gestion opérationnelle, alors Vclien 17 = 1.

Critère 18
Nom : Durée de rétablissement
Paramètre : Durée de rétablissement = 2 h
Valeur du critère : Comme le lien 1 est rétabli en un temps moyen de 2 h, alors Vclien 18 = 4.

2. Calcul de la valeur totale du lien

Après avoir déterminé la valeur de chaque critère pour le lien à l'étude, il faut faire l'addition de ces valeurs afin d'obtenir la valeur totale du lien.

$$VTlien = \sum_{j=1}^{n}\left[Pclj * \left(\sum_{i=1}^{m} (Pji * Vlienij) \right) \right]$$

VT*lien* = 3+1+4+5+5+1+5+3+5+4+5+5+5+5+5+0+1+4

VTlien = 66

La valeur totale pour le lien1 est donc de 66.

3. Calcul de la valeur maximale du lien

La valeur maximale (Val*Max*) est déterminée par la multiplication du nombre de critères utilisés par la valeur maximale que peuvent se voir attribuer chaque critère, soit 5.

$$ValMax = \sum_{j=1}^{n} Pclj * \left(\sum_{i=1}^{m} (Pji * 5) \right)$$

Alors pour le lien 1, la valeur maximale = 18 * 5 = 90

4. Identification des bornes d'intervalles des degrés d'essentialité

Les degrés d'essentialité sont au nombre de 5. Pour définir la grandeur des intervalles, il suffit de diviser la valeur maximale par 5.

Bi = MaxVal / 5

Donc pour le lien 1, les intervalles seront Bi = 90 / 5= 18

Il faut ensuite répartir la valeur maximale en cinq intervalles.

- Intervalle 1: Très faiblement essentiel = [0;*Bi*]
- Intervalle 2: Faiblement essentiel =]*Bi*; *2Bi*]
- Intervalle 3: Essentiel =]2*Bi*; 3*Bi*]
- Intervalle 4: Fortement essentiel =]3*Bi;* 4*Bi]*
- Intervalle 5: Très fortement essentiel =]4*Bi*; 5*Bi*]

Pour le lien 1, les intervalles des degrés d'essentialité sont les suivants :

- Intervalle 1: Très faiblement essentiel = [0, 18]
- Intervalle 2: Faiblement essentiel =]18, 36]
- Intervalle 3: Essentiel =]36, 54]
- Intervalle 4: Fortement essentiel =]55, 72]
- Intervalle 5: Très fortement essentiel =]72, 90]

Le lien 1 se situe donc dans l'intervalle 4 puisqu'il dispose d'une valeur totale de 66. Il est donc possible d'affirmer que dans une évaluation globale, il est fortement essentiel de privilégier le traitement de ce lien dans la planification et l'implantation de mesures d'urgences.